ББК 32.884.19
В80

Дорогие читатели!

Более трех десятилетий назад на прилавках магазинов появился первый выпуск сборника «В помощь радиолюбителю». Год от года росла его популярность: тираж вырос почти в 10 раз, а публикуемые материалы отражали рост профессионального мастерства радиолюбителей, связанный с развитием радиотехники в целом.

Все новое, интересное, как правило, сразу же появлялось на страницах сборника. На смену ламповым приходили транзисторные конструкции, вслед за ними — устройства на интегральных микросхемах.

В сборнике публиковались описания звукоусилительной техники, радиоприемников, спортивной аппаратуры, электро- и цветомузыкальных устройств, приборов автоматики, выпрямителей и стабилизаторов, конструкции для учебных организаций ДОСААФ и народного хозяйства.

Многие пионеры и школьники делали первые шаги в электронике, пользуясь выпусками нашего сборника. Позже они избрали электронику своей профессией.

И сегодня, отмечая выход в свет 100-го сборника «В помощь радиолюбителю», Издательство ДОСААФ СССР надеется, что и в дальнейшем он принесет пользу большой армии радиолюбителей, будет способствовать пополнению ее рядов.

Издательство ДОСААФ СССР

В $\frac{2402020000-005}{072(02)-88}$ 13—88



ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ РАДИОПРИЕМНИК НА 160 М

В. Поляков (RA3AAE)

Поляков Владимир Тимофеевич — доцент кафедры физики Московского ордена Ленина института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии, кандидат технических наук, родился в 1940 году. Уже в девять лет собрал свою первую радиоконструкцию — детекторный приемник, а в двенадцать — ламповый усилитель. Учась в старших классах, освоил супергетеродинный приемник, смонтировал телевизор. Затем — учеба в Московском физико-техническом институте, увлечение магнитной записью, работа на коллективной радиостанции, постройка личной радиостанции. Его позывной RA3AAE сегодня известен радиоспортсменам всех континентов. Он — автор 10 изобретений, 100 публикаций, в том числе нескольких книг.

Более десяти лет назад в журнале «Радио» было опубликовано описание приемника коротковолновика-наблюдателя [1—4], выполненного по супергетеродинной схеме на широкодоступных деталях. Многие радиолюбители начали свой путь в эфир с его постройки.

Сегодня, когда радиоспортсмены получили новый диапазон — 160 м, а также стали более доступными многие совершенные радиодетали, автор предлагает читателям новую разработку приемника, рассчитанного на работу именно в этом диапазоне.

Структурная схема приемника не изменилась — это тоже супергетеродин с одним преобразованием частоты и детектором смесительного типа. Но благодаря использованию полевых транзисторов и электромеханического фильтра (ЭМФ) в тракте приема в работе он практически не уступает более сложным приемникам современных любительских радиостанций.

Чувствительность составляет единицы микровольт, что на диапазоне 160 м достаточно для приема весьма удаленных радиостанций, а селективность определяется ЭМФ и достигает 60...70 дБ при расстройке на 3 кГц выше или ниже полосы пропускания. Реальная же селективность (способность приемника противостоять помехам от мощных радиостанций, частота которых может и не совпадать с частотой настройки приемника) значительно повышена благодаря применению в смесителе двухзатворного полевого транзистора с линейными характеристиками.

Разберем устройство и работу приемника по его принципиальной схеме, приведенной на рис. 1. Приемник состоит из смесителя на транзисторе VT1, первого

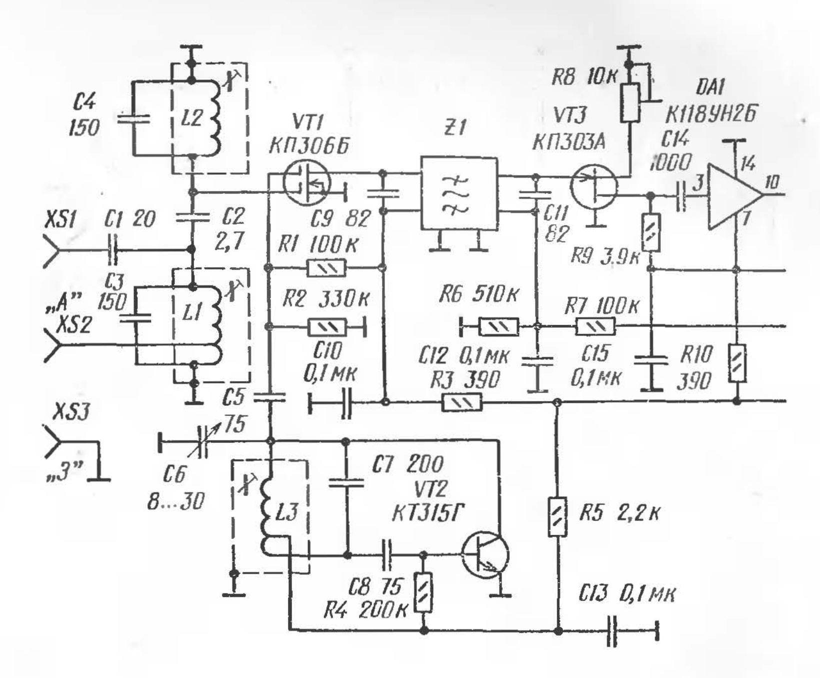
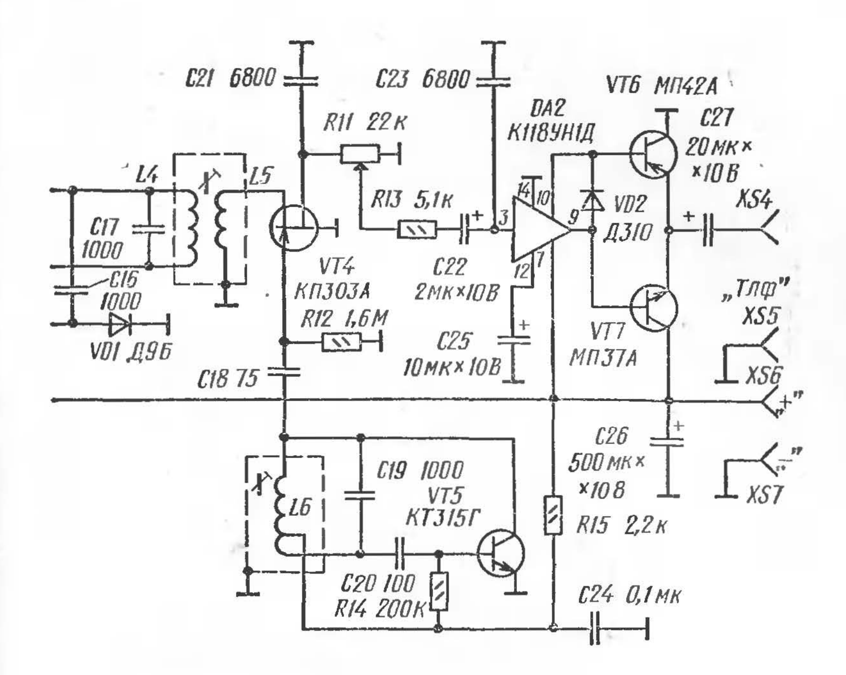


Рис. 1. Принципиальная схема



любительского радиоприемника

гетеродина на транзисторе VT2, усилителя промежуточной частоты (УПЧ) на транзисторе VT3 и микросхеме DA1, детектора смесительного типа на транзисторе VT4, второго гетеродина на транзисторе VT5, усилителя звуковой частоты (УЗЧ) на микросхеме DA2 и транзисторах VT6, VT7.

Входной сигнал любительского диапазона 160 м (полоса частот 1830...1930 кГц) поступает от антенны (ее подключают в гнездо XS1 или XS2) на входной двухконтурный полосовой фильтр, образованный катушками индуктивности L1, L2 и конденсаторами C3, C2, C4. Для подключения высокоомной антенны в виде отрезка провода длиной значительно меньше четверти длины волны служит гнездо XS1, соединенное с первым контуром (L1C3) входного фильтра через конденсатор C1. Низкоомную антенну (четвертьволновый «луч» длиной около 40 м, диполь или «дельта» с фидером из коаксиального кабеля) подключают через гнездо XS2 к отводу контурной катушки L1. Противовес, заземление или оплетку

фидера антенны подключают к гнезду XS3, соединенному с общим проводом приемника. Способ подключения каждой антенны подбирают экспериментально по максимальной громкости и качеству приема. При смене антенн может понадобиться некоторая подстройка контура L1C3.

Двухконтурный входной фильтр обеспечивает хорошую избирательность по зеркальному каналу приема, а также практически устраняет перекрестные помехи от мощных средневолновых радиовещательных станций. Выделенный фильтром сигнал подается на первый затвор полевого транзистора VT1. На второй его затвор поступает через конденсатор C5 напряжение гетеродина. Делитель R1R2 задает необходимое напряжение смещения на этом затворе. Сигнал промежуточной частоты (500 кГц), являющийся разностью частот гетеродина и сигнала, выделяется в цепи стока смесителя контуром, образованным индуктивностью обмотки ЭМФ Z1 и конденсатором C9.

Первый гетеродин приемника выполнен по схеме индуктивной трехточки на транзисторе VT2. Контур гетеродина составлен из катушки индуктивности L3 и конденсатора C7. Частоту гетеродина можно перестраивать в диапазоне 2330...2430 кГц конденсатором переменной емкости C6. Резисторы R4 и R5 определяют режим работы транзистора по постоянному току. Развязывающие цепочки R3C10 и R5C13 защищают общую цепь питания от попадания в нее сигналов гетеродина и промежуточной частоты.

Основную селекцию сигналов в приемнике выполняет ЭМФ Z1 с полосой пропускания 3 кГц. С его выходной обмотки, настроенной конденсатором C11 в резонанс на промежуточную частоту, сигнал поступает на усилитель ПЧ. Он выполнен на полевом транзисторе VT3 и микросхеме (каскодном усилителе) DA1. Общее усиление получается достаточно большим, и для выбора его оптимального значения в цепь истока транзистора VT3 включен регулятор — подстроечный резистор R8. При увеличении его сопротивления уменьшается ток через транзистор, а с ним и крутизна переходной характеристики. Одновременно возрастает отрицательная обратная связь, и усиление уменьшается.

Высокое входное сопротивление первого каскада УПЧ на полевом транзисторе позволило получить минимально возможное затухание сигнала в ЭМФ основной селекции.

Чтобы избежать перегрузки УПЧ сильными сигналами, применена простейшая цепь автоматической регулировки усиления (АРУ). Напряжение ПЧ с выходного контура L4C17 подается через конденсатор связи C16 на параллельный диодный детектор (диод VD1). Продетектированное напряжение отрицательной полярности поступает через сглаживающую цепочку R7C12 на затвор транзистора VT3 и подзакрывает его, уменьшая тем самым усиление. Время срабатывания системы АРУ определяется постоянной времени R7C12, а время отпускания — постоянной времени R6C12 и составляет соответственно 10 и 50 мс.

Усиленный сигнал ПЧ с контура L4C17 поступает через катушку связи L5 на детектор, выполненный на полевом транзисторе VT4. Сигнал второго гетеродина частотой около 500 кГц поступает на затвор этого транзистора через цепочку C18R12, создающую необходимое

отрицательное напряжение смещения благодаря детектированию напряжения гетеродина p-n переходом затвора транзистора. Положительные полуволны напряжения гетеродина открывают транзистор, и сопротивление его канала (промежутка исток — сток) становится малым. Отрицательные полуволны закрывают транзистор, и сопротивление канала резко возрастает. Таким образом транзистор работает в режиме управляемого активного сопротивления. В цепи его канала образуется ток биений со звуковыми частотами, равными разности частот сигнала и гетеродина. Спектр однополосного сигнала переносится с ПЧ в область звуковых частот. Сигнал ЗЧ, сглаженный конденсатором C21, поступает на регулятор громкости R11, а с движка его — на усилитель ЗЧ.

Второй гетеродин приемника выполнен на транзисторе VT5 по такой же схеме, что и первый. Нередко в подобных приемниках во втором гетеродине используют кварцевый резонатор на 500 кГц. Это удобно, но удорожает приемник. В то же время стабильность частоты обычного LC генератора на данной частоте оказывается вполне достаточной по сравнению с кварцевой. Кроме того, появляется возможность использовать широкий ассортимент ЭМФ и подстроить второй гетеродин под любой из них.

Усилитель ЗЧ выполнен на микросхеме DA2 (двухкаскадный усилитель напряжения) и транзисторах VT6, VT7 (составной эмиттерный повторитель). Цепочка R13C23 на входе УЗЧ служит для подавления сигнала ПЧ. Диод VD2, через который протекает коллекторный ток второго транзистора микросхемы, задает некоторое начальное смещение на базах выходных транзисторов. Это уменьшает искажения типа «ступенька».

Низкое выходное сопротивление составного эмиттерного повторителя позволяет подключать к приемнику как высокоомные, так и низкоомные головные телефоны и даже динамическую головку со звуковой катушкой сопротивлением не менее 4 Ом. При использовании динамической головки емкость разделительного конденсатора C27 нужно увеличить до 50...100 мкФ, чтобы избежать чрезмерного ослабления низших частот.

Для питания приемника подойдет любой сетевой блок питания, обеспечивающий напряжение 9...12 В при токе до 40...50 мА. Правда, такой ток приемник потреб-

ляет лишь при максимальной громкости звучания подключенной к его выходу динамической головки. В режиме же покоя или при работе на высокоомные головные телефоны приемник потребляет не более 10 мА. Поэтому с такой нагрузкой питать приемник можно от батареи гальванических элементов или аккумуляторов общим напряжением около 9 В. В любом варианте питающее напряжение подают на гнезда XS6, XS7 в указанной на схеме полярности.

Теперь о деталях приемника и их возможной замене. Транзистор VT1 может быть любой из серий КП306, КП350. Для некоторых из этих транзисторов может потребоваться подача небольшого положительного напряжения смещения на первый затвор. Тогда в цепь его устанавливают разделительный конденсатор емкостью 75...200 пФ и два резистора сопротивлением 100 кОм...1 МОм по схеме, аналогичной схеме цепи второго затвора. Подбором резисторов добиваются тока стока 1...2 мА.

Для гетеродинов подойдут транзисторы КТ306, КТ312, КТ315, КТ316 с любыми буквенными индексами. Полевые транзисторы УПЧ и второго смесителя могут быть любые из серий КП303, однако при использовании транзисторов с большим напряжением отсечки (буквенные индексы Г, Д и Е) последовательно с резистором R8 в цепь истока полезно включить постоянный резистор сопротивлением 330...470 Ом, зашунтировав его конденсатором емкостью 0,01...0,1 мкФ. В этих каскадах можно также использовать транзисторы с изолированным затвором серии КП305.

Микросхема К118УН2Б (старое обозначение К1УС182Б) заменима на К1УС222Б, а К118УН1Д (К1УС181Д) — на К1УС221Д или другие микросхемы этих серий. В качестве выходных подойдут любые германиевые низкочастотные маломощные транзисторы соответствующей структуры. На месте VD1 и VD2 могут быть установлены маломощные германиевые диоды, например серий Д2, Д9, Д18, Д20, Д311.

Для описываемого приемника подойдет любой ЭМФ со средней частотой 460...500 кГц и полосой пропускания 2,1...3,1 кГц. Это может быть, скажем, ЭМФ-11Д-500-3,0 или ЭМФ-9Д-500-3,0 с буквенными индексами В, Н, С (например, ЭМФ-11Д-500-3,0С, использованный автором). Буквенный индекс указывает, какую боковую

полосу относительно несущей выделяет данный фильтр — верхнюю (В) или нижнюю (Н), или же частота 500 кГц приходится на середину (С) полосы пропускания фильтра. В нашем приемнике это не имеет значения, поскольку при налаживании частоту второго гетеродина устанавливают на 300 Гц ниже полосы пропускания фильтра, и в любом случае будет выделяться верхняя боковая полоса.

Возможно, у читателя возникнет вопрос: почему ЭМФ в приемнике должен выделять верхнюю боковую

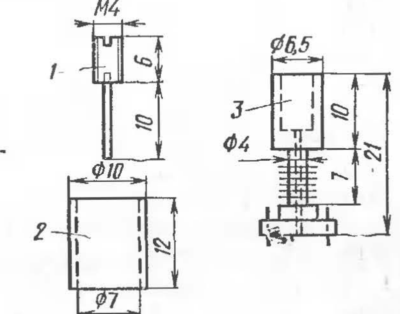


Рис. 2. Каркас катушек индуктивности

полосу, тогда как любительские радиостанции в диапазоне 160 м работают с излучением нижней боковой полосы? Дело в том, что при преобразовании частоты в данном приемнике спектр сигнала инвертируется, поскольку частота гетеродина установлена выше частоты сигнала, а промежуточная частота образуется как их разность.

Для катушек индуктивности использованы готовые каркасы с подстроечниками и экранами от контуров ПЧ малогабаритных транзисторных радиоприемников (в частности, от радиоприемника «Альпинист»). Эскиз такого каркаса приведен на рис. 2. После намотки катушки в секциях на каркас 3 надевают цилиндрический магнитопровод 2, а внутрь каркаса ввинчивают подстроечник 1. Затем эта конструкция заключается в алюминиевый экран размерами 12×12×20 мм.

Можно использовать каркасы с другим магнитопроводом и экраном. Число витков катушек в этом случае уточняют экспериментально. Например, при намотке катушек в броневых сердечниках СБ-9 число витков следует уменьшить на 10 %.

Наматывают катушки суррогатным «литцендратом» — четырьмя слегка скрученными проводниками ПЭЛ 0,07. Удобно использовать тот провод, которым были намотаны использованные катушки от контуров ПЧ. Лишь катушку первого гетеродина (L3) можно намотать одножильным проводом ПЭЛ 0,17...0,25. При намотке витки катушек равномерно распределяют по секциям каркаса. Катушку связи L5 наматывают поверх контурной L4. Катушки входных контуров L1 и L2 со-

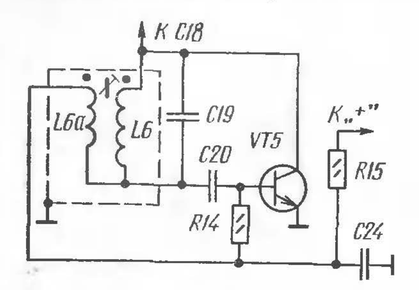


Рис. 3. Включение контура ПЧ в гетеродине

Рис. 4. Включение контура ПЧ на входе приемника

держат по 62 витка, отвод у L1 сделан от 15-го витка, считая от нижнего по схеме вывода. Катушка L3 содержит 43 витка с отводом от 9-го витка, также считая от нижнего по схеме вывода.

Контур ПЧ с катушками L4 и L5 использован готовый, без переделки. Его катушка L4 содержит 86 витков провода ЛЭ 4×0,07, а L5 — 15 витков одножильного провода ПЭЛШО 0,07...0,1.

Катушка второго гетеродина L6 содержит 86 витков ЛЭ 4×0,07 с отводом от 15-го витка. Здесь можно использовать готовую катушку контура ПЧ с катушкой связи, включив их по схеме на рис. 3 (L6 контурная катушка, L6a — катушка связи). При монтаже нужно строго соблюдать полярность подпайки выводов, иначе гетеродин не возбудится.

Если возникнут трудности с намоткой входных катушек, их можно заменить контурами ПЧ. Емкость конденсаторов входного фильтра при этом уменьшается: C1 — до 10 пФ, C2 — до 1...1,5 пФ, C3 и C4 — до 75 пФ. Правда, фильтр при этом получится не совсем оптимальным, поскольку контура будут обладать высоким

характеристическим сопротивлением, но работать приемник будет вполне удовлетворительно. Катушка связи первого контура (L1a) используется в таком варианте для подключения низкоомной антенны (рис. 4), катушка связи второго контура не используется.

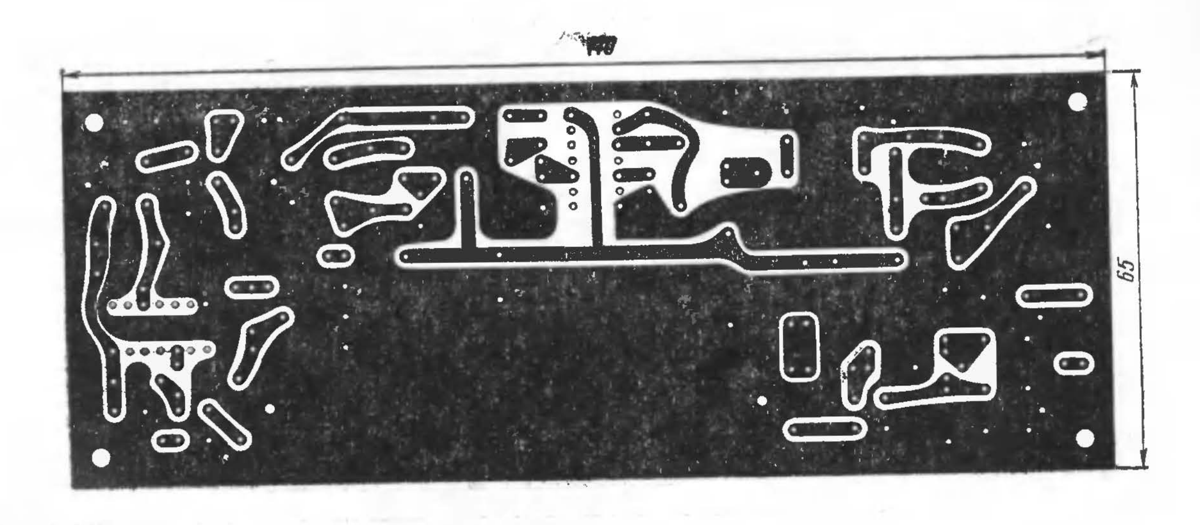
Постоянные резисторы — любого типа мощностью рассеивания 0,125 или 0,25 Вт. Регулятор громкости R11 — переменный резистор СП-1, желательно с функциональной характеристикой В, а регулятор усиления (подстроечный резистор R8) — СП5-16Б либо другой малогабаритный.

Конденсатор настройки C6 — подстроечный с воздушным диэлектриком (типа КПВ), содержащий 5 статорных и 6 роторных пластин. Число пластин подобрано экспериментально для получения диапазона перестройки ровно 100 кГц. При большем диапазоне затрудняется настройка на SSB станции — ведь в приемнике нет верньера. При отсутствии такого конденсатора можно использовать малогабаритный КПЕ транзисторного радиовещательного приемника, включив последовательно с ним «растягивающий» конденсатор емкостью 40...50 пФ. Конечно, конденсатор настройки полезно было бы оснастить простейшим верньером с замедлением 1 : 3...1 : 10.

Постоянные конденсаторы малой емкости, используемые в высокочастотных цепях (C1 — C9, C11, C14, C16 — C20),— керамические, типа КД, КТ, КМ, КЛГ, КЛС, К10-7 или подобные. Подойдут также слюдяные опрессованные конденсаторы КСО и пленочные ПО или ПМ. Конденсатор C2 можно выполнить в виде отрезка провода ПЭЛ 0,8...1,0 (одна обкладка) с намотанными на нем 10...15-ю витками провода ПЭЛШО 0,25 (другая обкладка). Емкость получившегося конденсатора легко подбирать, отматывая или доматывая витки провода. После настройки витки закрепляют клеем или лаком.

В колебательных контурах приемника, особенно гетеродинных, желательно установить конденсаторы с малым температурным коэффициентом емкости (ТКЕ) — групп П33, М47 или М75. Остальные конденсаторы, в том числе и оксидные (электролитические), могут быть любого типа.

Следует отметить, что емкость многих конденсаторов можно изменять в широких пределах без ухудшения качества работы приемника. Так, конденсаторы C14 и C16



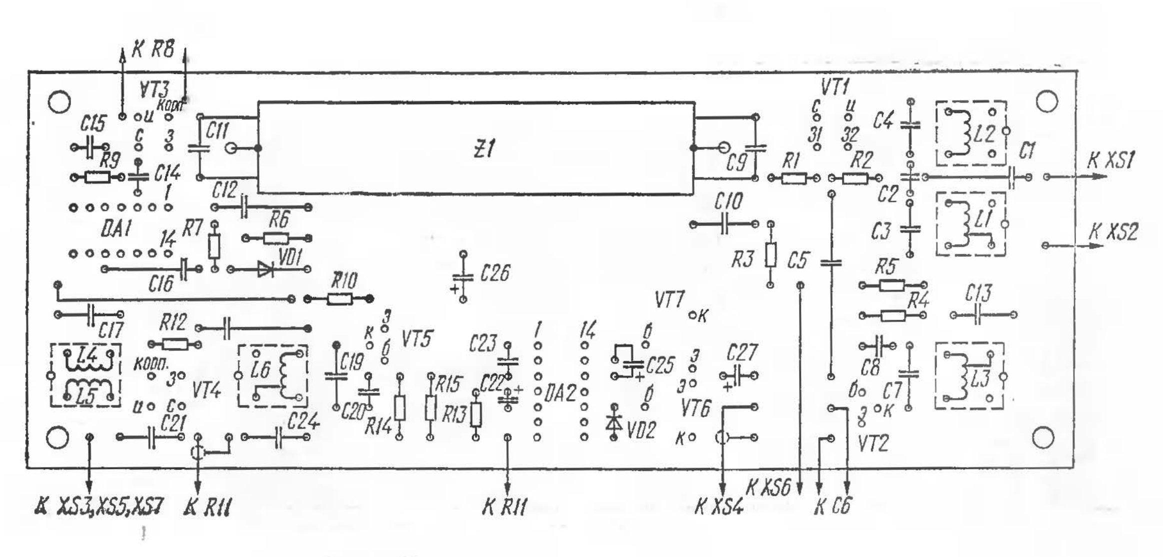


Рис. 5. Печатная плата приемника

могут быть емкостью 500...3300 пФ, C21 и C23 — 2700... 10 000 пФ, C10, C12, C13, C15, C24 — 0,01...0,5 мкФ. Емкость оксидных конденсаторов может отличаться в 2...3 раза от указанной на схеме.

Конденсатор C26 сравнительно большой емкости полезен при питании приемника от сильно разряженной батареи с высоким внутренним сопротивлением, а также от выпрямителя с недостаточной фильтрацией пульсирующего выпрямленного напряжения. В остальных случаях его емкость можно уменьшить до 50 мкФ.

При отсутствии необходимых деталей в приемнике могут быть некоторые изменения. Можно отказаться, например, от системы АРУ, исключив детали C16, VD1,

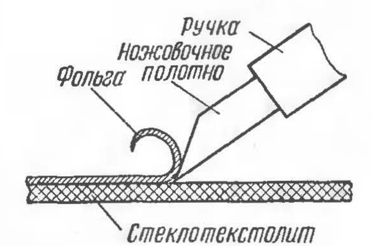


Рис. 6. Резак для изготовления печатной платы

R6, R7, C12. Нижний по схеме вывод выходной обмотки ЭМФ соединяют в этом случае с общим проводом. Регулятор усиления по ПЧ в приемнике без АРУ лучше вынести на переднюю панель, а чтобы длинный провод к регулятору не был подвержен наводкам, на плате приемника следует установить блокировочный конденсатор, соединяющий исток транзистора VT3 с общим проводом. Емкость его может быть 0,01...0,5 мкФ.

Если приемник будет работать только с высокоомными телефонами, можно исключить выходной каскад — транзисторы VT6, VT7 и диод VD2. Выводы 9 и 10 микросхемы DA2 в этом случае соединяют вместе и подключают к конденсатору C27, емкость которого можно уменьшить до 0,5 мкФ.

Все детали приемника, кроме гнезд, переменного резистора, конденсатора переменной емкости, смонтированы на плате (рис. 5) из одностороннего фольгированного стеклотекстолита. Схема соединений составлена под микросхемы серии К118, но переделки не потребуется при использовании микросхем серии К122 — их гибкие выводы пропускают в имеющиеся отверстия в соответствии с цоколевкой микросхем. Для повышения стабильности работы приемника и устойчивости к самовозбуждению площадь фольги, образующей общий провод, оставлена максимальной.

Печатный монтаж можно выполнить по любой технологии — вытравить, прорезать канавки ножом или

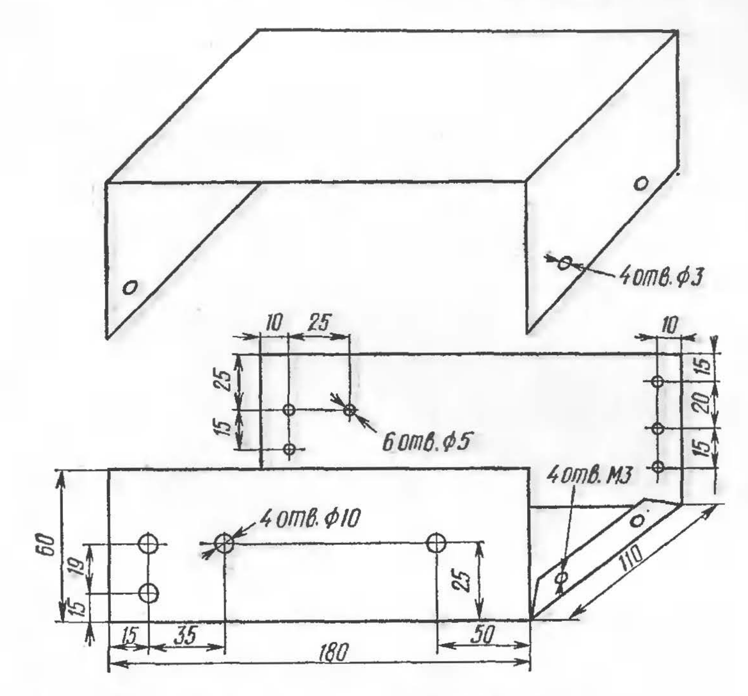


Рис. 7. Чертежи шасси и крышки приемника

резаком. В последнем варианте удобно пользоваться специально заточенным резаком из отрезка ножовочного полотна (рис. 6). Изолирующие канавки в фольге прорезают, часто покачивая инструмент из стороны в сторону и относительно медленно продвигая вперед. При некотором навыке плата «гравируется» таким способом довольно быстро.

При монтаже полевых транзисторов следует соблюдать меры по их защите от пробоя статическим электричеством и напряжениями наводок. Выводы транзисторов перемыкают между собой тонким гибким проводником,

который удаляют после распайки выводов на плате. Корпус паяльника соединяют проводником с общим проводом платы. Желательно использовать низковольтный паяльник, питающийся от сети через понижающий трансформатор. Непосредственно при пайке выводов транзистора VT1 вилку питания паяльника желательно вынимать из сетевой розетки.

Печатную плату укрепляют на шасси приемника

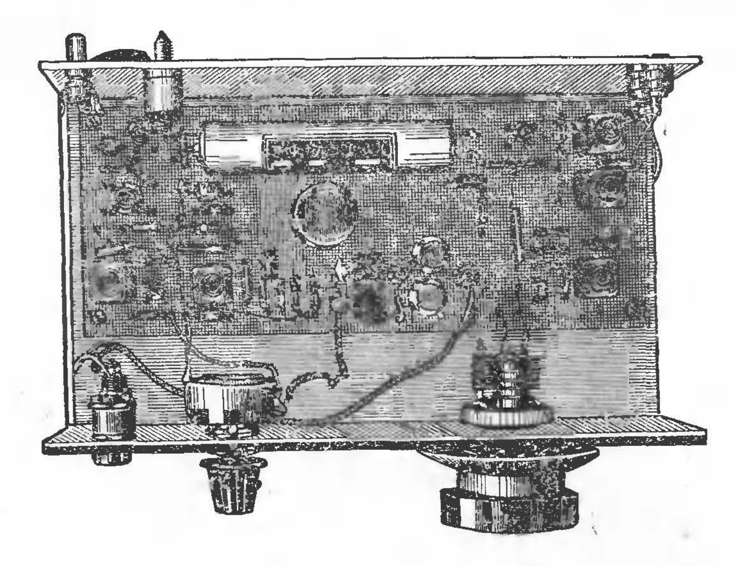


Рис. 8. Расположение деталей на шасси

(рис. 7), изготовленном из мягкого дюралюминия толщиной 2 мм. На передней панели (она закрыта декоративной накладкой) укреплены конденсатор переменной емкости C6, регулятор громкости R11 и гнезда XS4, XS5. Остальные гнезда, регулятор усиления R8 размещены на задней стенке шасси. П-образная крышка шасси изготовлена из более тонкого полужесткого дюралюминия. Расположение платы и деталей на шасси показано на рис. 8, а внешний вид готового приемника — на рис. 9.

Конструкция корпуса (шасси) может быть и иной, важно лишь соблюсти следующие правила: конденсатор настройки расположить возможно ближе к катушке первого гетеродина, гнезда антенн — около входных контуров, а регулятор усиления — около транзистора VT3. Регулятор громкости и телефонные гнезда можно расположить в любом месте, но если длина соединительных проводников к ним составит несколько сантиметров, следует применить экранированный провод, оплетку которого соединить с общим проводом платы и с шасси.

Перед налаживанием приемника нужно тщательно проверить монтаж и устранить ошибки. Затем, включив приемник, проверить авометром режимы работы транзисторов и микросхем. Напряжение на эмиттерах выход-

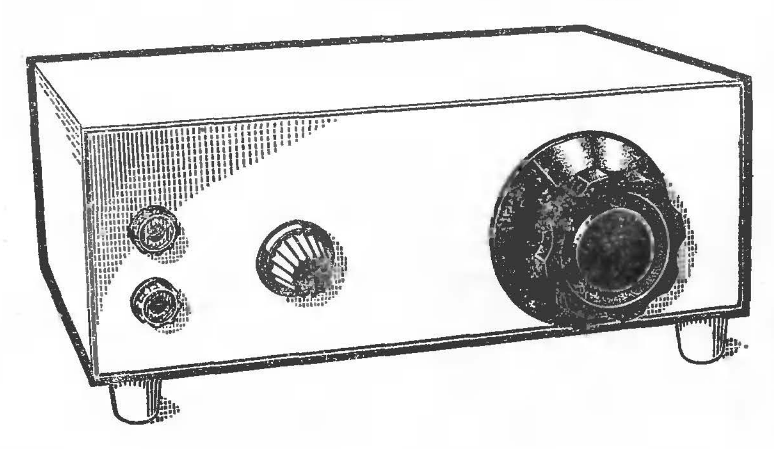


Рис. 9. Внешний вид приемника

ных транзисторов (VT6 и VT7) должно составлять около 5,5 В (все значения указаны для напряжения питания 9 В). Работоспособность усилителя ЗЧ проверяют, прикоснувшись пинцетом к правому по схеме выводу резистора R13,— в головных телефонах должен прослушиваться фон переменного тока.

Напряжение на стоке транзистора VT3 должно изменяться от 2...5 В до 8,5 В при перемещении движка подстроечного резистора R8. Ток транзистора VT1 определяют, измерив напряжение на резисторе R3,— оно должно составлять 0,3...1 В, что соответствует току 0,8...2,5 мА. При недостаточном токе придется подать смещение на первый затвор, как описано выше, а при излишнем — увеличить сопротивление резистора R1.

Работоспособность гетеродинов проверяют, присоединив щупы авометра к выводам конденсаторов C13 или

2 7–1356

С24. Напряжение на них должно составлять 5...7 В. Замыкание выводов катушек L3 и L6 должно вызывать уменьшение напряжения на 0,5...1,5 В, что укажет на наличие генерации. При отсутствии генерации следует искать неисправную деталь (обычно ей оказывается катушка индуктивности или транзистор).

Все вышеописанные операции удобно выполнить до установки платы на шасси приемника. Конденсатор настройки С6 и регулятор громкости при этом можно не подключать.

Дальнейшее налаживание сводится к настройке контуров приемника на нужные частоты. При этом желательно пользоваться хотя бы простейшим генератором стандартных сигналов (ГСС). Установив плату на шасси и выполнив недостающие соединения, подают (через конденсатор емкостью 20...1000 пФ) с ГСС на затвор транзистора VT3 немодулированный сигнал частотой 500 кГц. Контур ПЧ L4C17 настраивают по максимуму напряжения АРУ, которое измеряют авометром на конденсаторе С12. Амплитуду выходного сигнала ГСС следует поддерживать такой, чтобы напряжение АРУ не превышало 0,5...1 В. Регулятор усиления R8 при этом устанавливают в положение, при котором напряжение на стоке транзистора VT3 составляет 5...6 В. Второй гетеродин подстраивают до получения биений — громкого свистящего звука в телефонах, подключенных к выходу усилителя ЗЧ. Контур L4C17 можно настроить и по максимальной громкости биений.

Подав сигнал ГСС через тот же конденсатор связи на первый затвор транзистора VT1 (входной контур отключать не нужно), настраивают ГСС на среднюю частоту полосы пропускания ЭМФ и подбирают емкость конденсаторов С9 и С11 по максимуму напряжения АРУ или по максимальной громкости тона биений на выходе приемника. Одновременно подстроечником катушки L6 следует установить частоту второго гетеродина вблизи нижней граничной частоты полосы пропускания ЭМФ. Если использован фильтр ЭМФ-9Д-500-3,0В, а генератор перестраивается от частоты 500 кГц и выше, низкий тон биений должен появляться при частоте 500,3 кГц, затем тон должен повышаться и исчезать при частоте 503 кГц. В случае использования другого фильтра частоты настройки ГСС соответственно сдвинутся, но картина явлений останется прежней.

Последний этап налаживания — настройка контуров первого гетеродина и входного фильтра. Подав с ГСС сигнал частотой 1880 кГц на гнездо XS2, настраивают на эту частоту приемник — вращением подстроечника катушки L3. Ротор конденсатора настройки С6 при этом должен находиться в среднем положении. Подстроечниками катушек L1 и L2 устанавливают максимальную громкость приема.

В заключение измеряют диапазон перестройки приемника (он должен охватывать весь любительский диапазон 160 м) и проверяют уменьшение чувствительности на краях диапазона. Если оно не превышает 1,4 раза, полоса пропускания входного фильтра достаточна. В противном случае для ее расширения несколько увеличивают емкость конденсатора связи С2. Окончательно подстраивают входные контура приемника и устанавливают оптимальное усиление по ПЧ при приеме сигналов любительских станций.

В случае отсутствия ГСС тракт ПЧ настраивают по максимуму шума на выходе приемника, а частоту второго гетеродина устанавливают по тону этого шума. При настройке второго гетеродина на центр полосы пропускания ЭМФ шум имеет наиболее низкий тон.

На этом этапе настройки следует убедиться, что основная доля шума поступает с первого каскада на транзисторе VT1. С этой целью замыкают выводы входной обмотки ЭМФ (к ним припаян конденсатор С9) — громкость шума должна значительно уменьшиться. По максимуму шума подбирают конденсаторы С9 и С11, установив движок резистора R8 в положение максимального усиления.

Контур гетеродина и входные контура настраивают при приеме любительских станций. Чтобы обнаружить их, антенну можно подключить через конденсатор емкостью 20...40 пФ к первому затвору транзистора VT1. Установив диапазон приемника подстроечником катушки L3, подстраивают контур L2C4 по максимальной громкости приема, а затем, переключив антенну в гнездо XS2, окончательно подстраивают оба контура входного фильтра. Уточнить установку частоты второго гетеродина можно, найдя в эфире немодулированную несущую и перестраивая приемник конденсатором С9. При уменьшении его емкости приемник перестраивается вверх по частоте, и тон биений должен появляться с частотой

около 300 Гц и пропадать с частотой около 3 кГц. Усиление по ПЧ устанавливают подстроечным резистором R8 таким, чтобы собственный шум приемника негромко прослушивался без антенны, а при подключении наружной антенны длиной не менее 10 м заметно возрастал — это и будет признаком достаточной чувствительности приемника.

При испытаниях этот радиоприемник в вечернее время принимал на комнатную антенну сигналы многих любительских радиостанций, расположенных в европейской и азиатской частях СССР, включая Карелию, Прибалтику, Закавказье, Поволжье и Западную Сибирь.

Литература

1. Поляков В. Приемник коротковолновика-наблюдателя.— Радио, 1976, № 2, с. 49—52.

2. Поляков В. Усовершенствование приемника коротковолновика-наблюдателя.— Радио, 1976, № 7, с. 55, 56.

3. Поляков В. Полосовые фильтры на входе приемника коротковолновика-наблюдателя.— Радио, 1976, № 10, с. 56.

4. Казанский И. В., Поляков В. Т. Азбука коротких волн.— М.: ДОСААФ, 1978.

УКВ КОНВЕРТЕРЫ

В. Скрыпник (UY5DJ)

Харьковчанин Скрыпник Владимир Андреевич — ведущий конструктор конструкторско-технологического бюро ПО «Контур» ДОСААФ, родился в 1948 году. Радиолюбительством увлекся в 5-м классе. Собирал детекторные и транзисторные приемники, усилители, измерительные приборы. Позже «заболел» радиоспортом и переключился на конструирование спортивной аппаратуры. Описания ее нередко появлялись на страницах журнала «Радио» и сборника ВРЛ. Призер Всесоюзных и республиканских радиовыставок. За успехи в радиоспорте ему присвоены звания «Мастер радиоспорта СССР» и «Мастер-радиоконструктор ДОСААФ».

Предлагаемые вниманию радиолюбителей две конструкции конвертеров рассчитаны для совместной работы со связным приемником, имеющим диапазон 28...30 МГц. Они были испытаны во время очных соревнований по радиосвязи на УКВ. Даже в условиях сильных помех от соседних участников соревнований конвертеры позволяли принимать слабые сигналы удаленных радиостанций.

Конвертер диапазона 144 МГц

Он обладает коэффициентом шума около 2,3 KT_0. Экономичность, небольшие размеры и масса позволяют

использовать конвертер в качестве самостоятельного узла, например, в УКВ трансивере или приемнике.

Принципиальная схема конвертера приведена на рис. 1. С антенного гнезда XS1 сигнал поступает на входной контур L1C1C2. Выделенный им сигнал усили-

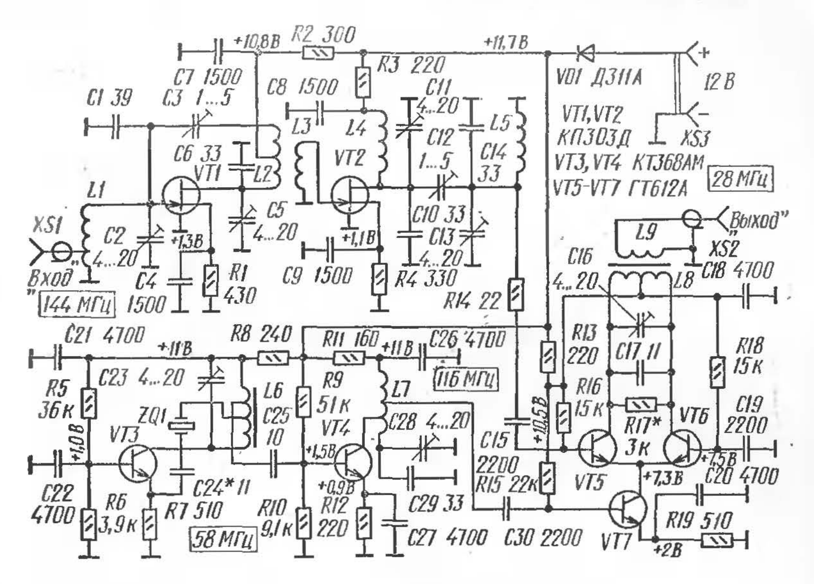


Рис. 1. Принципиальная схема УКВ конвертера на 144 МГц

вается первым каскадом усилителя РЧ, выполненным на полевом транзисторе VT1 по схеме с общим истоком. Нагрузкой каскада является контур L2C5C6. Для нейтрализации проходной емкости часть напряжения с катушки L2 подается через конденсатор C3 в цепь затвора транзистора.

Второй каскад усилителя РЧ также собран на полевом транзисторе (VT2). Его нагрузкой служит двухконтурный полосовой фильтр L4C10C11 и L5C12 — C14. С полосового фильтра усиленный сигнал подается на смеситель.

Смеситель собран по схеме балансного перемножителя на транзисторах средней мощности (VT5—VT7). Использование балансной схемы позволяет значительно уменьшить шумы гетеродина и уровень нежелательных продуктов преобразования. Применение сравнительно

мощных транзисторов способствует расширению динамического диапазона приемника. Нагрузкой смесителя служит контур L8C16C17, настроенный на промежуточную частоту. Для расширения полосы пропускания контур зашунтирован резистором R17. Сигнал гетеродина подается на базу транзистора VT7.

Гетеродин собран на двух транзисторах (VT3 и VT4), причем на транзисторе VT3 выполнен генератор, работающий на частоте 58 МГц, а на VT4 — удвоитель. В генераторе использован кварцевый резонатор на частоту 11,6 МГц, работающий на пятой механической гармонике. Напряжение частотой 58 МГц выделяется на контуре L6C23. С части витков катушки L6 напряжение поступает на удвоитель частоты на транзисторе VT4. Нагрузкой его служит контур L7C28C29, настроенный на частоту 116 МГц.

Конвертер питается от источника напряжением 12 В и потребляет ток около 15 мА. Диод VD1 служит для защиты от случайного включения питания в обратной полярности.

Указанные на схеме транзисторы КП303Д можно заменить на КП307 с любым буквенным индексом; КТ368А — на любой транзистор серии КТ316 или КТ371А; ГТ612А — на КТ607А. Диод — любой, рассчитанный на обратное напряжение не ниже 12 В и выпрямленный ток более 15 мА.

Если согласиться на некоторое ухудшение динамического диапазона, то в смесителе можно использовать и маломощные транзисторы, например серий КТ368, КТ316. При этом, ориентируясь на амплитуду сигналов промежуточной частоты, нужно изменить режимы транзисторов смесителя подбором резисторов R15, R16, R18.

Катушки индуктивности выполнены на кольцах из фторопласта, полистирола, органического стекла (L1 — L5, L7) и феррита (остальные). Для катушки L1 понадобится кольцо размерами 5×3×1 мм. Она содержит 9 витков посеребренного провода диаметром 0,5 мм, намотанных с небольшим шагом (чтобы витки не замыкались). Отвод сделан от 3-го витка, считая от нижнего по схеме вывода. Таким же проводом и аналогичным способом намотаны катушки L2, L4, L5, но размеры колец для них иные — 7×4×1 мм. Число витков катушки L2—L11, отвод выполнен от 6-го витка, считая от верхнего по схеме вывода. Катушка связи L3 содержит

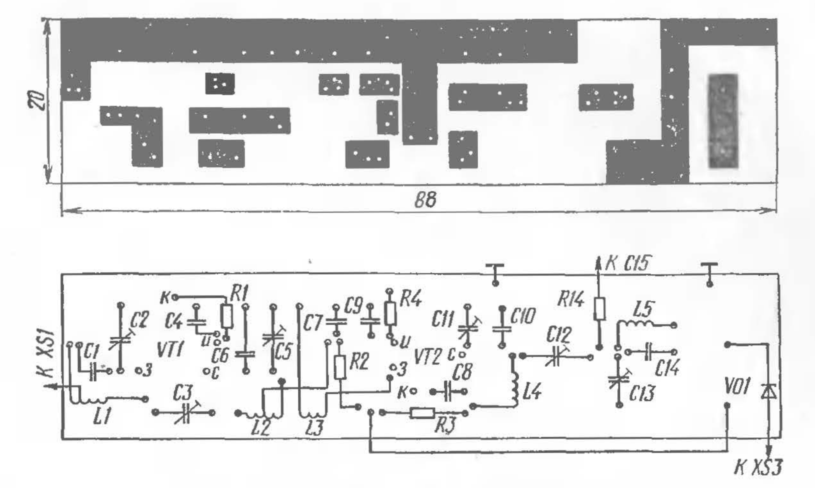


Рис. 2. Печатная плата усилителя РЧ

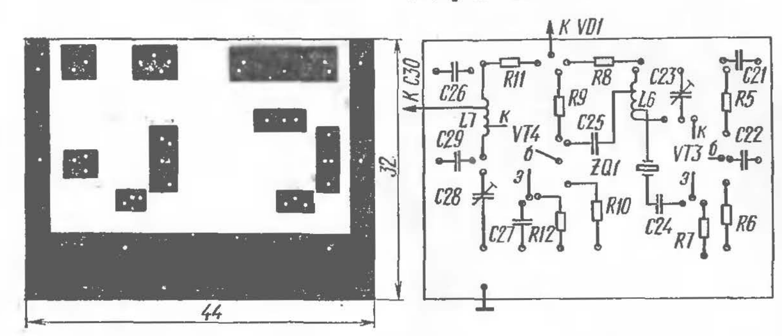


Рис. 3. Печатная плата гетеродина и удвоителя

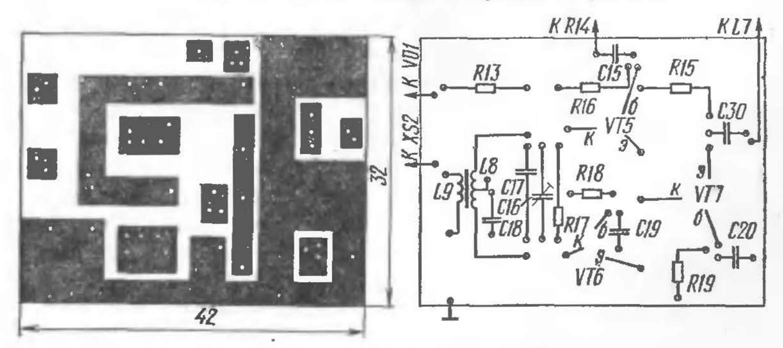


Рис. 4. Печатная плата смесителя

4 витка провода ПЭВ-2 0,17, намотанных виток к витку. Катушки L4, L5 намотаны посеребренным проводом диаметром 0,5 мм и содержат по 6 витков.

Для катушки L6 используется кольцо типоразмера К7×4×2 из феррита 20ВЧ2. Катушка содержит 7 витков провода ПЭВ-2 0,17, отводы сделаны от 1-го и 3-го витков, считая от верхнего по схеме вывода. Таким же проводом выполнена катушка L7, но на кольце размерами

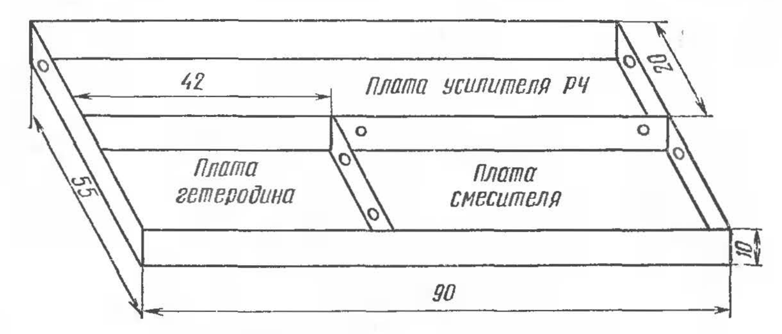


Рис. 5. Конструкция корпуса конвертера

7×4×1 мм из фторопласта; число ее витков — 9, отводы от 2-го и 5-го витков, считая от верхнего по схеме вывода. Катушки L8 и L9 намотаны проводом ПЭВ-2 0,17 на кольце типоразмера К7×4×2 из феррита 20ВЧ2: L8 содержит 10 витков с отводом от середины, а L9 — 3 витка.

Резисторы — МЛТ-0,125. Подстроечные конденсаторы — КТ4-21, их можно заменить на КТ4-23, КТ4-25 либо на более доступные КПК-МН (в этом случае размеры печатной платы придется увеличить). Постоянные конденсаторы могут быть КД-1, КМ, К10-7.

Детали конвертера размещены на трех печатных платах (рис. 2—4) из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. На одной стороне вырезаны «островки», к которым припаивают выводы деталей (точки пайки показаны кружками). Фольга на обратной стороне служит экраном, ее припаивают к внутренним перегородкам и боковым бортикам корпуса (рис. 5). Они сделаны из такого же материала и придают конструкции конвертера необходимую механическую жесткость.

На боковых стенках корпуса устанавливают высокочастотные разъемы XS1, XS2 и разъем питания XS3 — двухгнездную розетку.

Настраивать конвертер лучше всего с помощью измерителя частотных характеристик Х1-19 или Х1-7Б. При их отсутствии можно использовать генератор сигналов Г4-107 и КВ приемник с индикатором уровня выходного сигнала. Первым настраивают гетеродин. Подстраивая конденсатор С23 и подбирая точку включения кварца в контур, надо получить устойчивую генерацию на пятой механической гармонике.

Контур удвоителя настраивают по максимуму выходного напряжения. Для контроля можно использовать высокочастотный вольтметр, например ВК7-9. Выходную частоту желательно измерить цифровым частотомером (ЧЗ-34, ЧЗ-38 или другим) и при необходимости скорректировать частоту кварцевого генератора. В небольших пределах это можно сделать подбором конденсатора С24. При значительных отличиях частоты от требуемой (11,6 МГц) надо либо подобрать другой кварцевый резонатор, либо разобрать имеющийся и изменить его частоту одним из известных способов, например описанным в книге С. Г. Бунина и Л. П. Яйленко «Справочник радиолюбителя-коротковолновика» (Киев, Техника, 1984).

Далее приступают к настройке полосового фильтра после второго усилителя РЧ. Изменением емкости конденсатора С12 нужно установить связь между контурами немного выше критической и добиться двугорбой резонансной кривой в полосе частот от 144 до 146 МГц. Контур в смесителе надо настроить на частоту 29 МГц и постараться скомпенсировать провал в частотной характеристике полосового фильтра. При необходимости подбором резистора R17 можно подкорректировать форму резонансной кривой контура и тем самым точнее скомпенсировать провал.

Контуры на входе и выходе первого усилителя РЧ надо настроить так, чтобы окончательно сформировать частотную характеристику конвертера во всей рабочей полосе частот. При этом конденсатор С3 желательно отключить.

Затем к выходу конвертера подключают приемник, а ко входу — генератор шума. Подпаяв конденсатор С3, подбирают его емкость по минимуму шума на выходе приемника. После этого снова подстраивают входной и

выходной контуры первого каскада усилителя РЧ. Повторяют эти операции несколько раз, добиваясь минимального коэффициента шума конвертера и равномерного усиления по диапазону.

Конвертер диапазона 432 МГц

Его принципиальная схема приведена на рис. 6. Конвертер содержит один каскад усиления радиочастоты, диодный смеситель, каскад усиления промежуточной частоты, гетеродин и умножитель частоты. Коэффициент шума конвертера — 1,8 KT_0.

Усилитель РЧ выполнен на транзисторе VT1. Входная цепь представляет собой укороченный четвертьволновый резонатор, подстраиваемый конденсатором С1. Нагрузкой усилителя РЧ служит фильтр из двух связанных резонаторов, пропускающих полосу частот 432... 434 МГц. В смесителе использован диод VD1. Сигнал промежуточной частоты выделяется контуром L5C9, который для расширения полосы пропускания зашунтирован резистором R4.

Усилитель ПЧ собран на транзисторе VT2, нагрузкой его является колебательный контур L6C12. С катушки связи L7 сигнал ПЧ подается через разъем XS2 на базовый радиоприемник. Напряжение питания усилителей РЧ и ПЧ стабилизировано параметрическим стабилизатором на стабилитроне VD2.

Гетеродин собран на транзисторе VT3. Кварцевый генератор работает на частоте 16,833 МГц. Это третья механическая гармоника частоты кварцевого резонатора ZQ1 (5,611 МГц). Следующий каскад на транзисторе VT4 — утроитель частоты. Его нагрузкой является контур L9C23, настроенный на частоту 50,5 МГц. Далее следуют три каскада удвоителей частоты. Контуром L10C26C27 выделяется частота 101 МГц, а контуром L11C30 — 202 МГц. Нагрузкой последнего удвоителя на транзисторе VT7 служит система из двух связанных укороченных резонаторов L13, L14. Это сделано для лучшей фильтрации выходной частоты 404 МГц. С резонатора L14 напряжение гетеродина подается через конденсатор С8 на смеситель.

Катушка L4 выполнена посеребренным проводом диаметром 0,5 мм. Она содержит 6 витков диаметром 3 мм с таким шагом, чтобы длина катушки составила

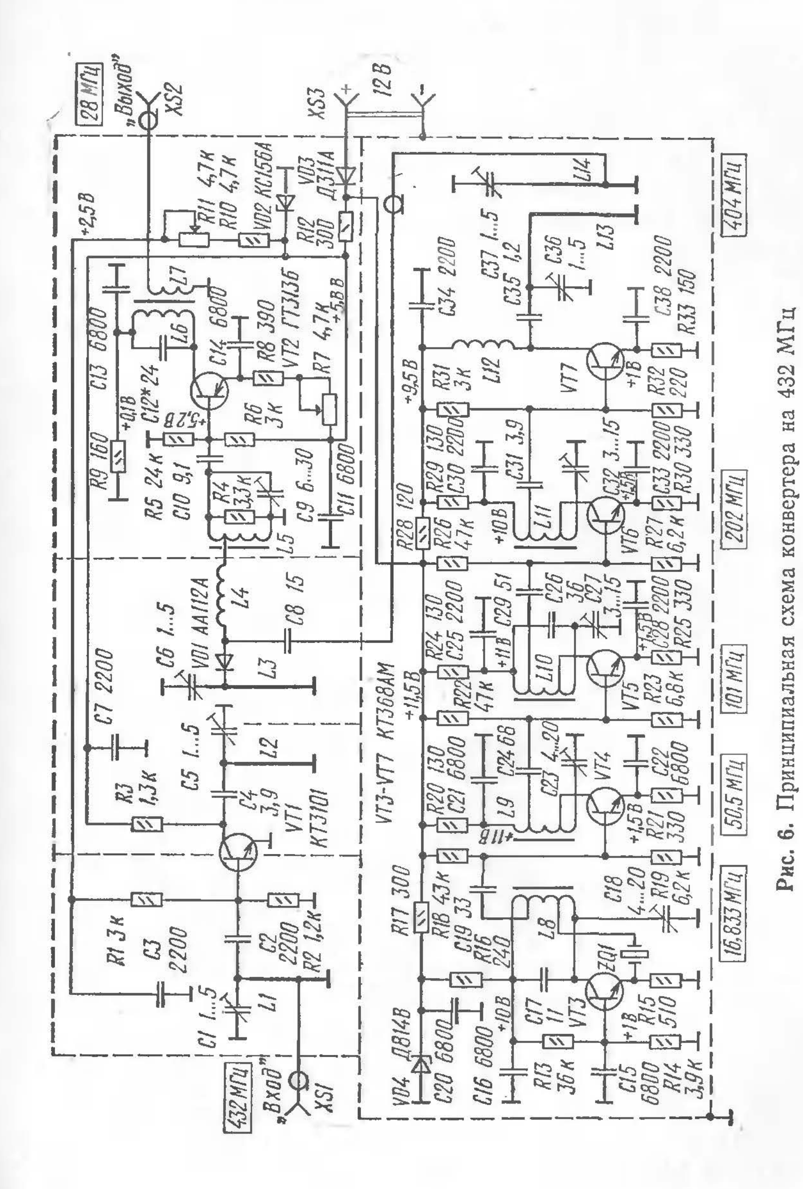


Рис. 6. Принципиальная схема конвертера на 432 МГц

10 мм. Катушку L5 наматывают таким же проводом на кольце типоразмера К7×4×2 из феррита 20ВЧ2 — она содержит 9 витков с отводом от 3-го витка, считая от нижнего по схеме вывода. Катушки L6 и L7 намотаны на таком же кольце, что и L5. Катушка L6 содержит 9 витков посеребренного провода диаметром 0,5 мм, а L7 — 3 витка провода ПЭВ-2 0,17. Катушки L8 и L9 тоже выполнены каждая на указанном ферритовом кольце: L8 содержит 16 витков провода ПЭВ-2 0,17 с отводами от 4-го и 9-го витков, считая от верхнего по схеме вывода, а L9 — 8 витков посеребренного провода диаметром 0,5 мм с отводами от 2-го и 5-го витков, считая от верхнего по схеме вывода. Кольца желательно

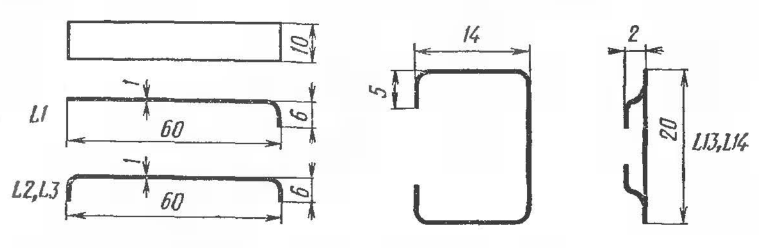


Рис. 7. Резонаторы L1 — L3

Рис. 8. Резонаторы L13, L14

заранее покрыть слоем лака или клея БФ-2 и просушить.

Катушку L10 наматывают на кольце из фторопласта (полистирола или органического стекла) размерами 8×4×1 мм — она содержит 15 витков посеребренного провода диаметром 0,5 мм с отводами от 4-го и 11-го витков, считая от верхнего по схеме вывода. На таком же кольце и таким же проводом выполнена катушка L11 — она содержит 10 витков с отводами от 3-го и 7-го витков, считая тоже от верхнего по схеме вывода. Катушку L12 наматывают проводом ПЭВ-2 0,17 виток к витку на резисторе МЛТ-0,25 большого сопротивления (не менее 10 кОм) — всего 5 витков.

Резонаторы L1 — L3 изготовлены из медных полос шириной 10 мм и толщиной 1 мм. Поверхность резонаторов желательно посеребрить. Конфигурация и размеры резонаторов приведены на рис. 7. Резонаторы L13 и L14 сделаны в виде рамок (рис. 8) из медной посеребренной проволоки толщиной 0,8 мм, размещенных над поверхностью платы на высоте 2 мм. Расстояние между рамками 5 мм.

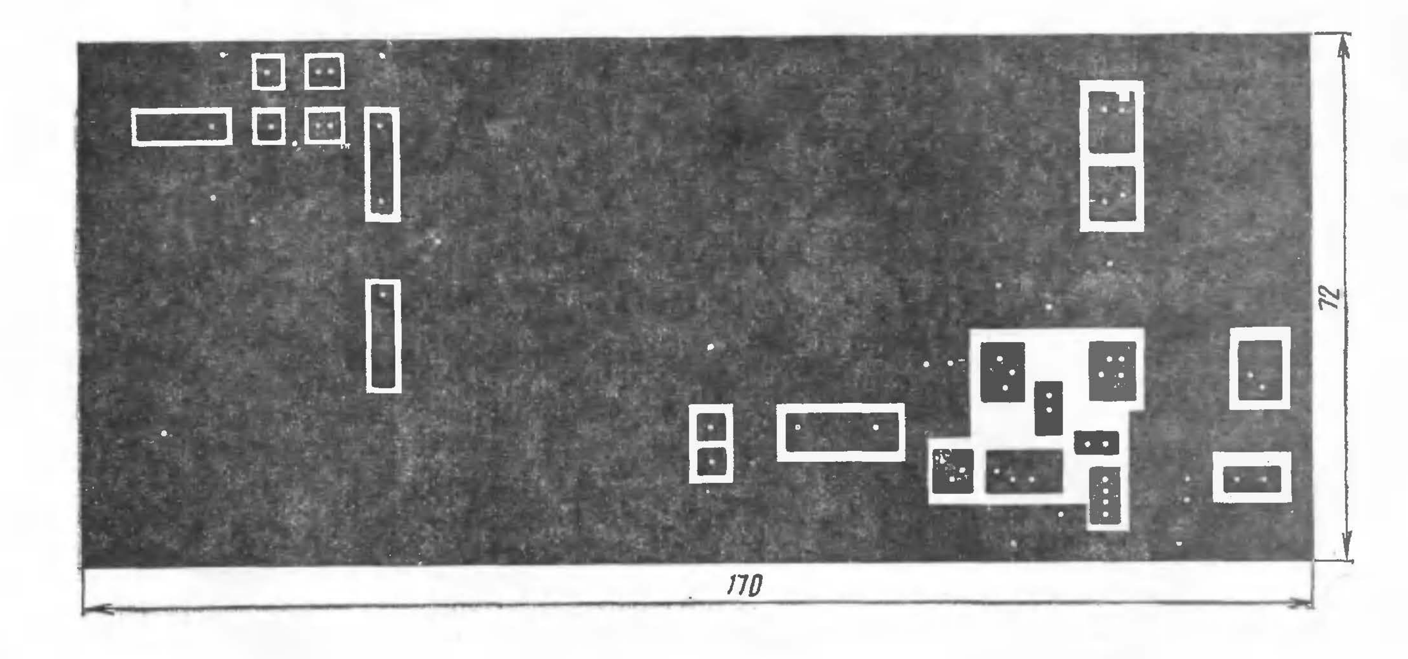
Подстроечные и постоянные конденсаторы, а также постоянные резисторы — таких же типов, что и в предыдущем конвертере. Переменные резисторы — любой конструкции. Транзистор КТ3101 можно заменить другими маломощными СВЧ транзисторами, например КТ371, КТ372, КТ391. Вместо транзистора ГТ313Б можно использовать П416, ГТ308, ГТ328 с любым буквенным индексом. В гетеродине можно применить, кроме указанного на схеме, транзисторы КТ371А, а также КТ372, ГТ311, ГТ329 с любыми буквенными индексами. В смесителе можно использовать диод АД516 или в крайнем случае ГД508. Стабилитрон КС156А можно заменить на КС147А или КС162А, а Д814В — на Д810 или КС210А. Диод VD3 может быть любым, с прямым током не менее 50 мА и обратным напряжением более 12 В.

Конструктивно конвертер собран на двух печатных платах (рис. 9, 10), размещенных в корпусе из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита (рис. 11). Как и в предыдущем конвертере, детали монтируют на вырезанных площадках фольги с одной стороны платы. Фольга с обратной стороны остается нетронутой.

Основную плату припаивают к боковым стенкам в середине так, чтобы корпус был разделен платой на две равные части. Со стороны площадок в корпус впаивают перегородки и резонаторы L1 — L3. На боковых стенках в соответствующих отсеках устанавливают разъемы XS1 — XS3 и переменные резисторы R7 и R11. Плату гетеродина устанавливают в отсеке с обратной стороны корпуса.

Настраивать конвертер начинают с проверки работы кварцевого генератора гетеродина. Он должен устойчиво генерировать на частоте 16,833 МГц. Затем настраивают умножитель покаскадно, измеряя напряжение (например, вольтметром ВК7-9) на базе последующего каскада и пользуясь соответствующим подстроечным конденсатором.

Измерителем частотных характеристик, например Х1-7Б, надо настроить полосовой фильтр L2L3 так, чтобы он пропускал полосу частот от 432 до 434 МГц с некоторым провалом посередине. Входной резонатор L1 следует настроить по максимуму сигнала на выходе. Настройка усилителя ПЧ осуществляется подстройкой



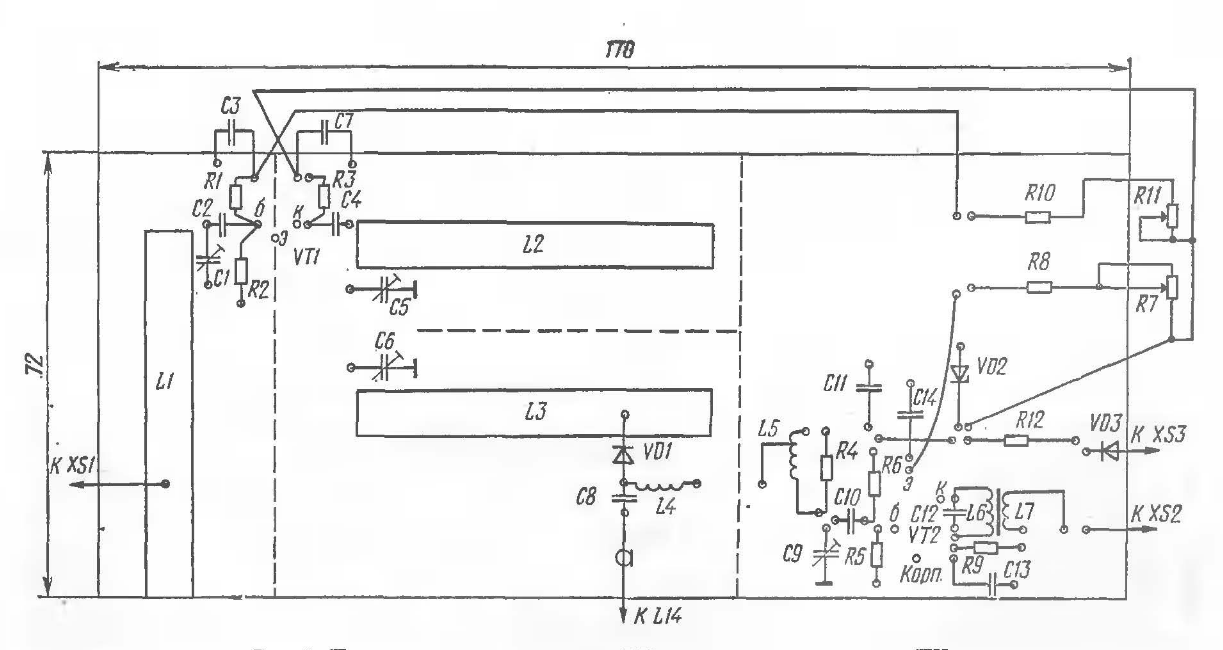


Рис. 9. Печатная плата усилителя: РЧ, смесителя и усилителя ПЧ

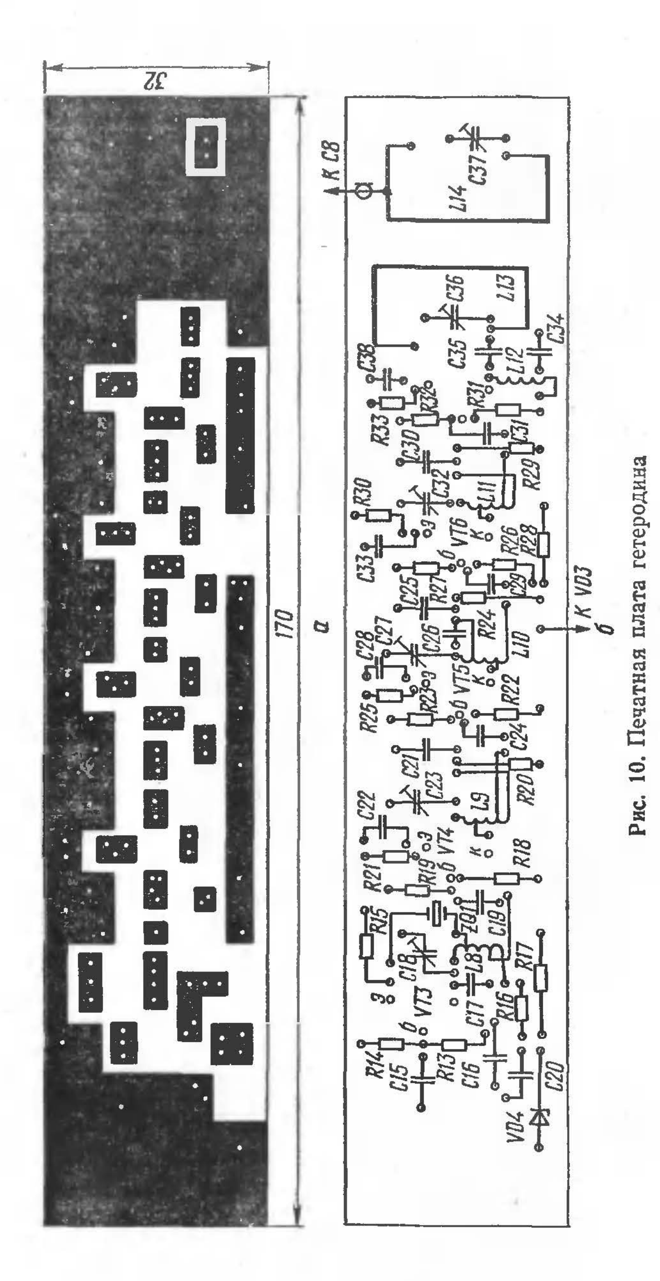


Рис. 10. Печатная плата гетеродина

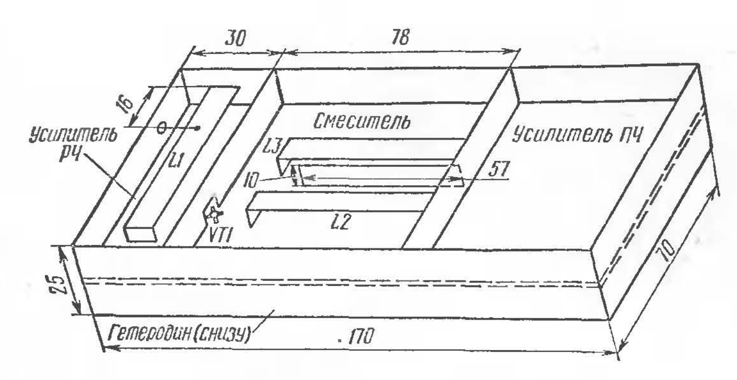


Рис. 11. Конструкция корпуса конвертера

контуров L5C9 и L6C12 и подбором резистора R4 до получения равномерной частотной характеристики в полосе частот от 28 до 30 МГц. Резистором R7 устанавливают необходимое усиление УПЧ. Выбирают его исходя из чувствительности применяемого базового приемника, но по возможности минимальным.

Дальнейшую регулировку ведут, подключив к гнезду XS1 измерительный генератор шума. Точка подключения части резонатора L14 к смесителю подбирается так, чтобы достигался по возможности больший коэффициент преобразования сигналов в смесителе и незначительно ухудшался коэффициент шума.

В заключение следует подбором резистора R11 установить такой ток коллектора VT1, при котором он будет усиливать устойчиво, без самовозбуждения, а коэффициент шума будет минимальным.



КВАЗИТЕЛЕФОННОЕ ПЕРЕГОВОРНОЕ УСТРОЙСТВО

Е. Фомишин

Фомишин Евгений Васильевич — инженер-наладчик систем автоматизации одного из предприятий г. Донецка, родился в 1939 году. Увлекся радиолюбительством в 1965 году, собирал и разрабатывал усилители звуковой частоты, измерительную аппаратуру, автоматику. С 1976 года руководил кружками радиоэлектроники в межшкольном УПК, а затем в течение 5 лет — до 1985 года — в Доме пионеров и школьников Кировского района. Многие кружковцы награждены медалями «Юный участник ВДНХ», а руководитель — бронзовой медалью ВДНХ СССР. Описания некоторых конструкций опубликованы в журнале «Радио» и сборнике ВРЛ.

Обычные телефонные аппараты с неисправными номеронабирателями либо такие же аппараты вообще без номеронабирателей могут стать основой несколько необычного — квазителефонного (почти телефонного) — переговорного устройства, рассчитанного на восемь абонентов. Число абонентов может быть и больше — все зависит от мощности блока питания и наличия аппаратов. В любом случае один из абонентов — главный. У него на корпусе аппарата расположены кнопки вызова абонентов (рис. 1) и световые индикаторы номера аппарата вызывающего абонента.

Кроме телефонных аппаратов, внутренняя «начинка» которых немного дорабатывается, понадобится блок автоматики — его придется изготовить самим. От него пойдут соединительные провода к аппаратам.

Квазителефонное переговорное устройство принципиально отличается от подобных конструкций, описанных в популярной радиолюбительской литературе. Использование принципа телефонной передачи позволило добиться качественной дуплексной (т. е. двухсторонней без переключения режимов приема и передачи) связи. Разговор ведут так же, как и при обычной телефонной связи, поэтому никакой подготовки для пользования устройством не требуется, что важно для оборудования такой установкой, например, школьных кабинетов или производственных помещений.

Схема переговорного устройства приведена на рис. 2. Телефонные аппараты A1 — A8 образуют своеобразную телефонную сеть, работающую от стабильного постоянного напряжения 6 В — оно снимается с блока питания. Другие напряжения блока (постоянные 5 и 50 В,

переменное 100 В) используются для работы электромагнитных реле K1 — K7, цепей световой и звуковой сигнализации.

Рассмотрим работу переговорного устройства. При подаче на устройство выключателем Q1 сетевого напряжения срабатывают электромагнитные реле. Контактами K1.1, K2.1 и т. д. они размыкают цепь питания звонков HA1 — HA8, а контактами K1.2, K2.2 и т. д.— цепь питания светодиодов HL2 — HL8, расположенных на

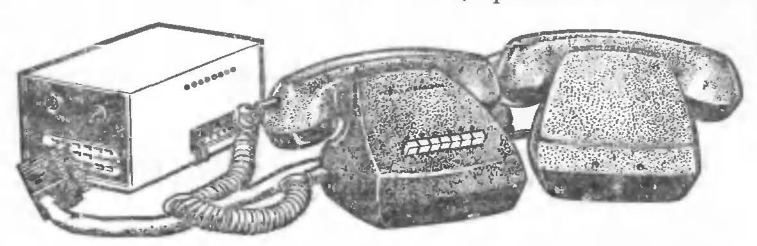


Рис. 1. Внешний вид переговорного устройства

корпусе аппарата A1 (чтобы не усложнять схему, они показаны условно вне аппарата).

Для вызова абонента с аппарата главного абонента снимают трубку (с микрофоном BM1 и телефоном BF1) и нажимают одну из кнопок SB1 — SB7. При этом одно из реле K1 — K7, соответствующее номеру аппарата вызываемого абонента, обесточивается, и к цепи питания подключается звонок аппарата. Звонок же и световая сигнализация аппарата главного абонента работать не будут, поскольку разомкнуты контакты SA1.1 и SA1.2 рычажного переключателя аппарата A1 (ведь трубка поднята).

Услышав звуковой сигнал, вызываемый абонент снимает трубку аппарата. Цепь питания звонка отключается и аппарат подключается к линии связи. Можно вести разговор.

Следует заметить, что кнопка вызова на аппарате главного абонента может быть нажата и в том случае, когда трубка не снята. Тогда включится звонок в аппарате главного абонента и вспыхнет соответствующий светодиод, а после отпускания кнопки или поднятия трубки звонок и светодиод отключатся.

При подключении обоих аппаратов к линии связи ток питания микрофона BM1 аппарата A1 главного

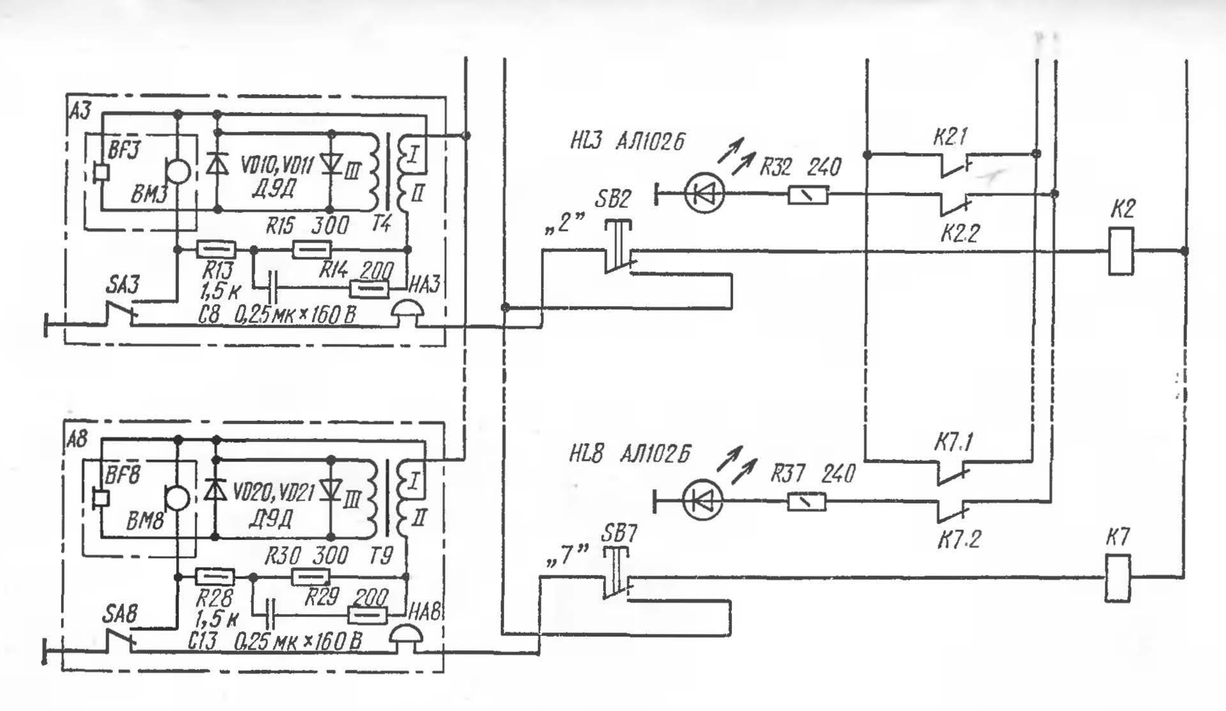


Рис. 2. Принципиальная схема переговорного устройства

абонента протекает через дроссель L2, а микрофона аппарата вызываемого абонента — через дроссель L1. Поскольку дроссель оказывает малое сопротивление постоянному току и большое — переменному, а конденсатор — сравнительно малое сопротивление переменному току и не пропускает постоянный, переменный («разговорный») ток будет проходить через конденсатор C5 и первичные обмотки трансформаторов аппаратов, подключенных к линии связи. Во вторичных обмотках трансформаторов будут индуктироваться переменные ЭДС, и по обмоткам трансформаторов и телефонов будет протекать переменный ток, приводящий в движение мембраны телефонов. Благодаря дросселям, переменный ток практически не попадает из «разговорной» цепи на выход источника питания, и последний не представляет для этого тока нагрузки.

Для вызова главного абонента любому абоненту достаточно снять телефонную трубку. Цепь питания соответствующего электромагнитного реле разомкнется (контактами рычажного переключателя аппарата), его контакты включат звонок и соответствующий светодиод на аппарате главного абонента. После снятия трубки на аппарате A1 можно разговаривать.

Как уже было сказано, переговорное устройство изготовлено на базе восьми телефонных аппаратов. Соединения внутри аппаратов обычных абонентов изменяют в соответствии со схемой устройства, а в аппарате главного абонента, кроме того, располагают кнопки вызова с надписями на клавишах номеров вызываемых абонентов и светодиоды. Правда, это потребовало для соединения аппарата главного абонента с блоком автоматики почти трех десятков проводников. Но длина проводников небольшая — ведь блок автоматики располагают вблизи аппарата главного абонента.

В блок автоматики вошли блок питания, дроссели, конденсатор C5 и электромагнитные реле. Блок питания содержит четыре источника. Снимаемое с обмотки II трансформатора питания переменное напряжение подается на диодный блок VD1. Выпрямленное им напряжение сглаживается конденсатором C2 и поступает на цепь питания электромагнитных реле. С обмотки III переменное напряжение поступает на диодную матрицу VD2. Выпрямленное ею напряжение не фильтруется и поступает на цепь световой индикации. С обмотки IV переменное напряжение поступает на диодную матрицу VD3, на выходе которой стоит сглаживающий конденсатор C3 и стабилизатор напряжения — он собран на стабилитронах VD4, VD5, операционном усилителе DA1 и регулирующем транзисторе VT1. С обмотки V переменное напряжение подается на цепь питания звонков телефонных аппаратов.

Номиналы деталей, установленных внутри телефонных аппаратов, приведены для аппарата ТАН-70-1 с трансформатором ТТ-1 (МЕЧ.730.001 ТУ). Сопротивление обмотки звонка такого аппарата постоянному току равно 820 Ом. Электромагнитные реле взяты типа РЭС9, паспорт РС4.524.201. Возможно использование других реле, но при этом нужно учитывать сопротивление обмотки звонка. При последовательном соединении реле и звонка реле должно срабатывать, если на эту цепь подать постоянное напряжение 50 В (его снимают с выводов конденсатора C2).

Трансформатор T1 блока питания выполнен на магнитопроводе Ш20×32. Обмотка I содержит 2500 витков провода ПЭВ-2 0,1, экранирующая обмотка (ее соединяют с общим проводом) — один слой провода ПЭВ-2 0,1, намотанного поверх сетевой обмотки, обмотка II — 630 витков ПЭВ-2 0,51, обмотка III — 63 витка ПЭВ-2 0,25, обмотка IV — 126 витков ПЭВ-2 0,25, обмотка V — 1260 витков ПЭВ-2 0,18.

Дроссели можно выполнить на магнитопроводе ШЛ8×25 или ШЛ8×16 из ленточного железа. Понадобится два сердечника, на каждом из них нужно намотать по 1800 витков провода ПЭВ-1 0,25.

Диодный блок VD1 можно заменить четырьмя диодами, рассчитанными на выпрямленный ток не менее 0,5 А и обратное напряжение не ниже 100 В. Вместо диодных матриц КД906А допустимо применить любые диоды, рассчитанные на обратное напряжение не ниже 25 В и выпрямленный ток более 100 мА. Диоды Д9Д заменимы другими диодами этой серии. Кроме указанных на схеме, подойдут другие светодиоды с прямым напряжением 3...4 В. В зависимости от потребляемого светодиодом тока выбирают ограничительный резистор соответствующего сопротивления. Транзистор ГТ403Б заменим другим германиевым транзистором структуры p-n-p со статическим коэффициентом передачи тока

не менее 30 и допустимым током коллектора не ниже 100 мА.

Конденсатор C1 может быть МБМ на номинальное напряжение не менее 400 В; C2 и C3 — К50-6; C4 — КСО; C5 — МБГП или другой бумажный с номинальным напряжением не ниже указанного на схеме; C6 — C13 — МБМ. Резистор R1 — МЛТ-1, остальные резисторы — МЛТ-0,5.

Детали блока автоматики смонтированы на основании из изоляционного материала, к которому с помощью металлических уголков прикреплена лицевая панель из черного полистирола — на ней установлены выключатель питания и сигнальная лампа HL1. Между их выводами прикреплены резистор R1 и конденсатор C1. В нижней части панели укреплена гнездовая часть разъема РП14 (он на схеме не показан), используемого для подключения ответной ножевой части разъема со жгутом проводов от аппарата главного абонента.

На основании смонтированы также самодельный разъем XP1 для подключения сетевого шнура и зажимы для подключения проводов связи с абонентами. Основание вдвигается в корпус и скрепляется с ним двумя винтами со стороны дна. Корпус склеен из белого полистирола, внешние габариты его 195×115×80 мм.

Как правило, собранное без ошибок переговорное устройство в налаживании не нуждается, за исключением более точного подбора (если это нужно) резистора R6 для получения постоянного напряжения на выходе стабилизатора. В случае нечеткого срабатывания электромагнитных реле или вибрирования их якорей следует увеличить емкость конденсатора C2 до 200 мкФ.

Каждый абонентский аппарат соединяют с аппаратом главного абонента тремя проводами, что, конечно, снижает достоинства переговорного устройства. Однако в случае использования при монтаже соединительных коробок число проводов уменьшится, поскольку телефонные аппараты содержат по два «одинаковых» провода — общий и вывод трансформатора.

К недостатку переговорного устройства можно отнести и постоянно включенные (кроме периода разговора) электромагнитные реле, бесполезно потребляющие электроэнергию. Правда, потребляемая мощность невелика — менее 10 Вт (при вызове абонента она возрастает до 13...15 Вт), но и ее нежелательно растрачивать.

Но автор пока не нашел лучшего варианта. Возможно, это сделают читатели.

Если во время разговора двух абонентов поднимет трубку третий, он тоже услышит разговор. Конечно, громкость звука в телефонах разговаривающих абонентов несколько упадет, и они заметят подключение. Достаточно в этом случае главному абоненту несколько раз нажать рычажный переключатель своего аппарата, как вспыхнувший светодиод укажет номер аппарата подключившегося абонента.



ПРИЕМНИК ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

И. Нечаев

Нечаев Игорь Александрович — радиоинженер одного из курских предприятий, родился в 1955 году. В 15 лет увлекся электроникой, собрав несколько конструкций для фотопечати по описаниям в популярной радиолюбительской литературе. Позже начал самостоятельно разрабатывать различные устройства: приемники, усилители, измерительные приборы, цветомузыкальные установки. Автор более двух десятков статей в журнале «Радио».

Этот приемник обладает сравнительно высокой чувствительностью (около 1 мВ/м), достаточной для громкоговорящего приема удаленных на сотни километров радиостанций в диапазонах длинных и средних волн. Прием ведется на внутреннюю магнитную антенну, потребляемый от источника питания ток составляет около 5 мА в режиме молчания и достигает 50...70 мА при максимальной громкости. Выходная мощность 100 мВт, полоса воспроизводимых звуковых частот 350...4500 Гц.

Приемник (рис. 1) состоит из магнитной антенны WA1, усилителя радиочастоты (УРЧ) на транзисторах VT1 — VT3, амплитудного детектора на транзисторе VT4 и усилителя звуковой частоты (УЗЧ) на интегральной микросхеме DA1 и транзисторах VT5, VT6.

Магнитная антенна включает в себя две катушки индуктивности, размещенные на общем ферритовом стержне. Для приема в диапазоне ДВ используется катушка L1, а в диапазоне СВ — катушка L2. Тот или иной диапазон работы приемника устанавливают переключателем SA1, а настраивают приемник на радиостанции конденсатором переменной емкости C2.

Выделенный тем или иным контуром радиочастотный сигнал подается через конденсатор C3 на затвор полевого транзистора VT1, включенного истоковым повторителем. Входное сопротивление такого каскада сравнительно высокое, что позволило подключить его непосредственно к колебательному контуру.

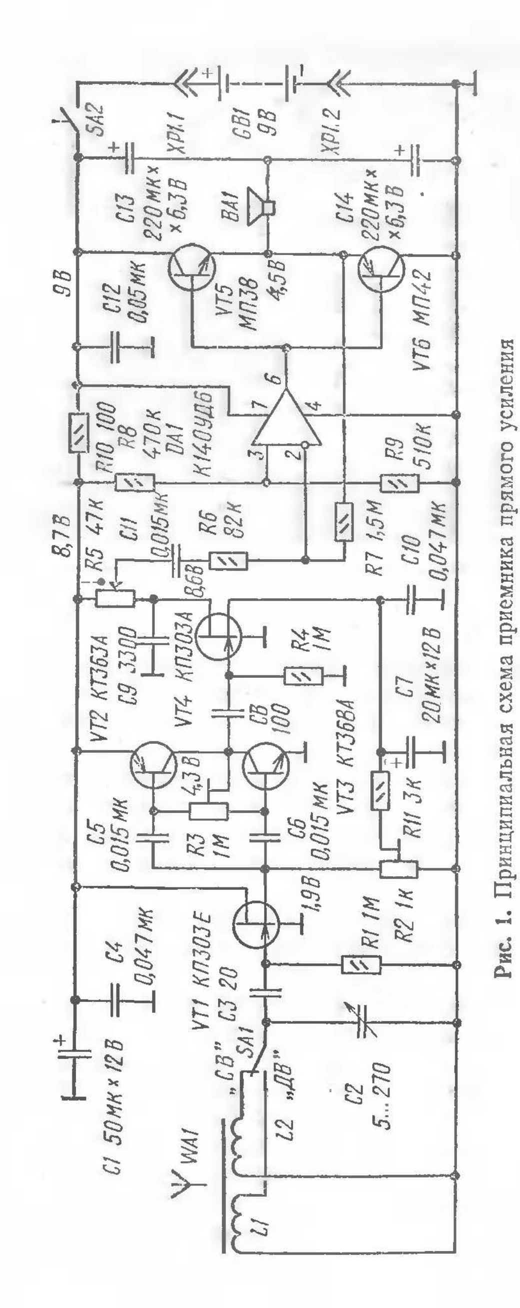
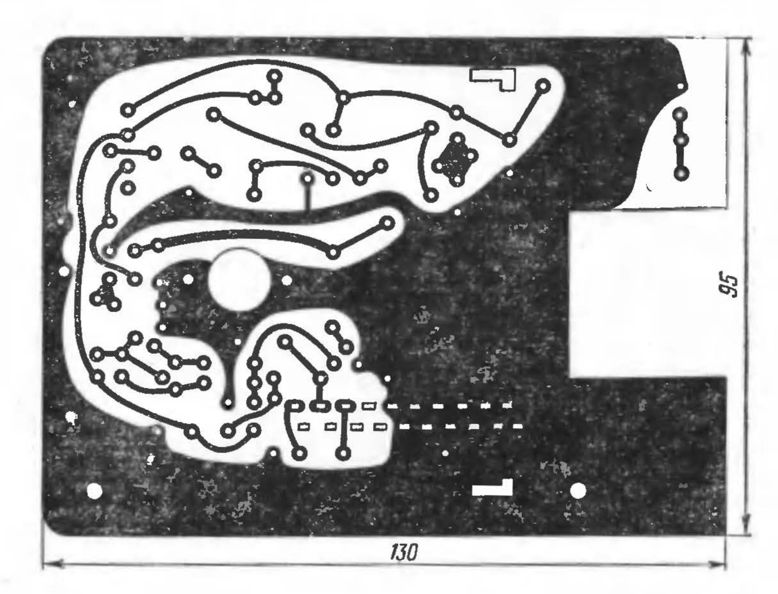


Рис. 1. Принципиальная схема приемника прямого усиления



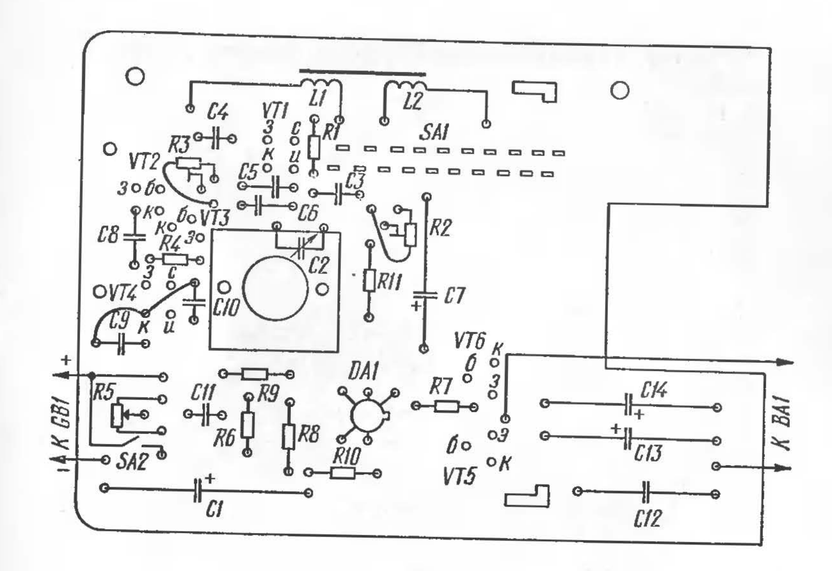


Рис. 2. Печатная плата приемника

Для нормальной работы транзистора VT1 можно было и не устанавливать цепочку C3R1, а затвор транзистора соединить непосредственно с подвижным контактом переключателя SA1. Однако в этом случае наведенное в катушках антенны напряжение с частотой сети будет поступать на затвор транзистора и может привести к ухудшению качества звука. Цепочка же C3R1 выполняет роль фильтра и значительно ослабляет такие наводки.

Помимо усиления радиочастоты транзистор VT1 выполняет еще одну функцию, о которой будет сказано позже.

На транзисторах VT2, VT3 собран второй каскад УРЧ по так называемой двухтактной схеме со встречной динамической нагрузкой [1]. Режим работы каскада по постоянному току устанавливают подстроечным резистором R3. Радиочастотный сигнал поступает через конденсаторы C5, C6 одновременно на оба транзистора. При положительной полуволне сигнала открывается транзистор VT3 и закрывается VT2, при отрицательной полуволне, наоборот, транзистор VT2 открывается, а VT3 закрывается. Иначе говоря, транзисторы работают

«навстречу» друг другу. Поскольку выходное сопротивление транзистора, включенного по схеме ОЭ, сравнительно велико, усиление каскада большое — несколько сотен.

Однако для реализации такого усиления необходимо, чтобы последующий каскад имел большое входное сопротивление. Поэтому в качестве детектора использован каскад на полевом транзисторе VT4, работающем на начальном участке характеристики. Нагрузкой детектора является переменный резистор R5 — регулятор громкости. Конденсатор C9 замыкает радиочастотное напряжение на общий провод.

Для обеспечения работы полевого транзистора детектора на начальном участке характеристики необходимо подавать на его затвор отрицательное напряжение смещения (относительно истока) или на исток — положительное (относительно затвора). При однополярном питании проще обеспечить второе условие. Но для стабильной работы детектора напряжение смещения также должно быть стабильным. Введение для этой цели отдельного стабилизатора напряжения усложнит приемник и повысит энергопотребление, поэтому в качестве

источника стабильного напряжения использовано, напряжение, снимаемое с движка резистора R2. Как известно, каскад на полевом транзисторе, включенном аналогично VT1, является источником стабильного тока, и на резисторе R2 напряжение будет стабильным даже при значительном изменении напряжения питания. В этом и заключается вторая функция каскада на транзисторе VT1, о которой упоминалось выше. Причем транзистор VT1 должен работать на линейном участке характеристики (при токе стока 1...3 мА), а VT4 — на нелинейном (при токе стока 0,05...0,1 мА). Чтобы обеспечить это условие, выбраны соответствующие транзисторы серии КП303.

Стабильное напряжение с движка подстроечного резистора R2 поступает на исток транзистора через резистор R11. Конденсаторы C1, C4, C7, C10, C12 служат для фильтрации соответствующих цепей от напряжений радиочастоты и звуковой частоты.

Усилитель ЗЧ состоит из предварительного усилителя на операционном усилителе DA1 и оконечного каскада на транзисторах VT5, VT6. Такой усилитель сравнительно прост, практически не нуждается в налаживании и обладает удовлетворительными параметрами.

Питается приемник от источника GB1, питание поступает через выключатель SA2, совмещенный механически с регулятором громкости R5.

Кроме указанных на схеме, можно использовать другие транзисторы: VT2 — КТ363Б, КТ361А — КТ361В; VT3 — КТ368Б, КТ315А — КТ315В, КТ325А; VT4 — КП303Б; VT5 — МП37Б, МП38А; VT6 — МП21А, МП21Б, МП42А, МП42Б. Все биполярные транзисторы желательно подобрать со статическим коэффициентом передачи тока 60...80. Вместо операционного усилителя К140УД6 подойдет К140УД7.

Постоянные резисторы — МЛТ-0,125 (либо ВС-0,125), переменный R5 — СП3-3б, подстроечные R2 и R3 — СП3-19а либо другие малогабаритные (например, СП3-1б, СП3-6, СП3-16, СП5-16). Конденсатор переменной емкости, динамическая головка (0,5ГД-37), переключатель диапазонов и магнитная антенна — от малогабаритного транзисторного радиоприемника «Селга-404». Катушка L1 содержит 240 витков провода ПЭВ-2 0,12, размещенных в 11 секциях шириной по 2 мм, катушка L2 — 70 витков ПЭВ-2 0,2, размещенных в

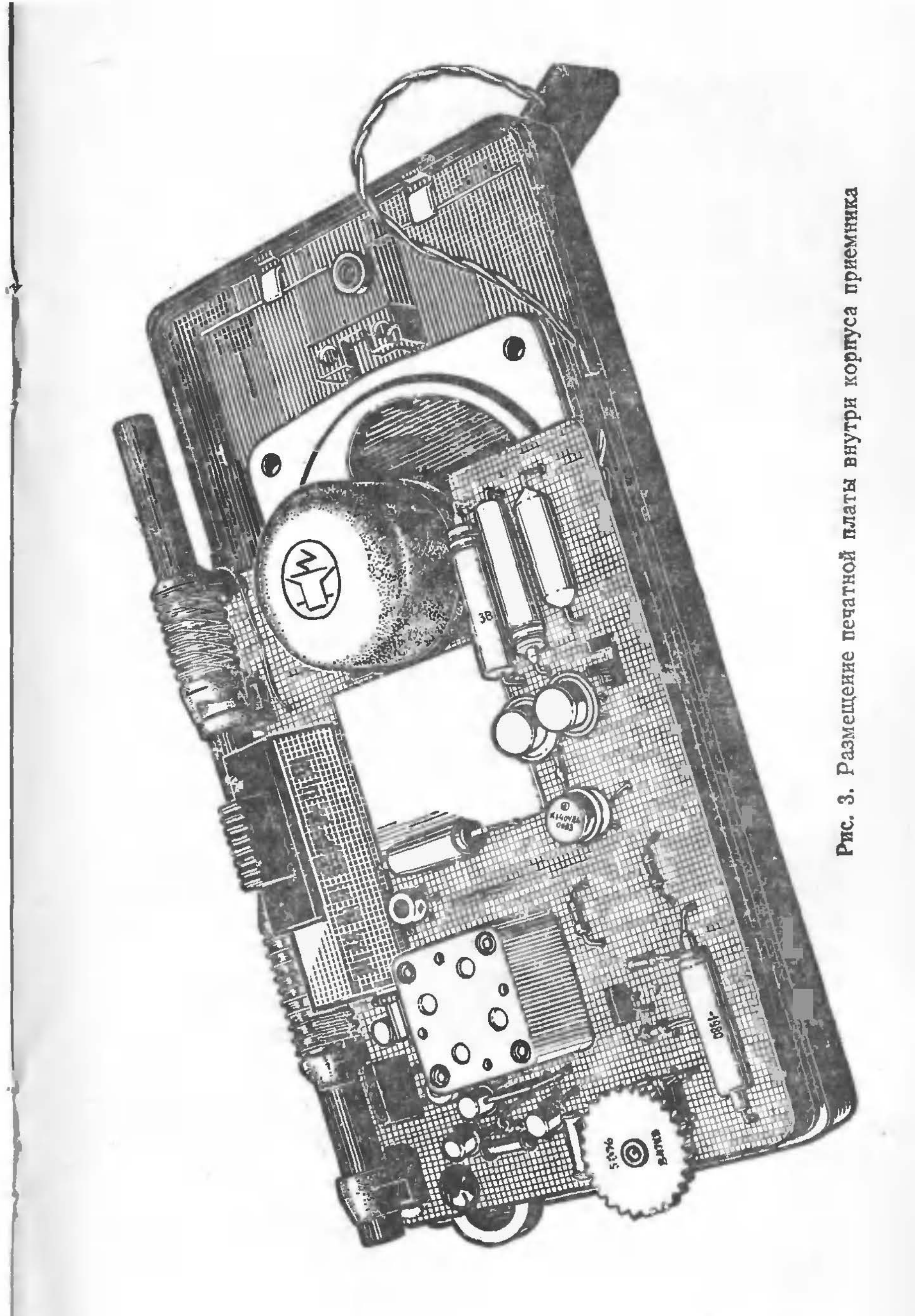


Рис. 3. Размещение печатной платы внутри корпуса приемника

8 секциях такой же ширины. Конденсаторы С4 — С6, С10, С11 могут быть К10-7в, КЛС; С3, С8, С9 — КТ; С12 — МБМ; оксидные конденсаторы С1, С7, С13, С14 — К50-12, К50-24.

Детали приемника, кроме динамической головки, батареи «Крона» и разъема ХР1, смонтированы на печатной плате (рис. 2) из одностороннего фольгированного стеклотекстолита. Соединения, показанные на рисунке сплошными линиями, выполнены монтажным одножильным проводом в поливинилхлоридной изоляции.

Плата укреплена внутри готового корпуса от радиоприемника «Селга-404» (рис. 3). От этого же приемника использовано и верньерное устройство.

Налаживание приемника сводится в основном к проверке (при отсутствии входного сигнала) указанных на схеме режимов работы и их установке, если это необходимо. Напряжение на коллекторах транзисторов VT2, VT3 устанавливают подстроечным резистором R3, а на стоке транзистора VT4 — подстроечным резистором R2 (когда приемник настроен на радиостанцию, напряжение на стоке падает до 5...4 В). Кроме того, настраиваясь на радиостанции различной мощности, подстроечным резистором R2 добиваются также неискаженного звука и наибольшей чувствительности. Измерять режимы следует, конечно, вольтметром с большим входным сопротивлением.

Если будете пользоваться приемником для прослушивания близлежащих мощных радиостанций, могут появиться искажения звука из-за большого входного сигнала. В этом случае можно либо намотать поверх контурных катушек катушки связи и подавать с них сигнал на УРЧ, либо подключать УРЧ к части витков контурных катушек. В любом варианте придется использовать еще одну группу контактов переключателя SA1 и соответственно доработать печатную плату.

Литература

1. Двухтактный усилительный каскад со встречной динамической нагрузкой.— Радио, 1976, № 9, с. 61.

УКВ ЧМ ПРИЕМНИК

В. Ринский

Ринский Владимир Исаакович — инженер кафедры нормальной физиологии Ивано-Франковского мединститута, родился в 1934 году. В одиннадцать лет собрал свою первую радиоконструкцию — регенеративный радиоприемник. После окончания с отличием физико-математического факультета пединститута, помимо преподавательской работы, руководил техническими кружками, разрабатывал учебно-демонстрационные пособия, измерительные приборы, радиоприемные устройства. Участник республиканских, областных и городских радиовыставок. Опубликовал около 50 статей, в том числе в журнале «Радио» и сборниках ВРЛ, три книги.

До недавнего времени УКВ ЧМ радиостанции прослушивали исключительно с помощью супергетеродинных приемников. Причем и радиолюбители использовали традиционные промышленные схемотехнические решения [1, 3], реализация которых в любительских условиях требовала сложной измерительной аппаратуры и трудоемкой настройки.

В последнее десятилетие стали появляться приемники прямого преобразования, в которых спектр сигнала переносится непосредственно в диапазон звуковых частот, где и достигается основное усиление. Необходимая избирательность обеспечивается с помощью простых фильтров нижних частот (ФНЧ).

Вначале приемники прямого преобразования завоевали признание в любительской радиосвязи, а затем стали применяться и для УКВ ЧМ диапазона благодаря использованию в них синхронного детектора, обладающего достаточной избирательностью, чувствительностью и помехоустойчивостью [4—7].

Сущность синхронного детектирования ЧМ сигналов заключается в управлении детектором с помощью вспомогательного напряжения, частота которого равна частоте сигнала, но сдвинутого по фазе на 90°. В большинстве случаев такое напряжение вырабатывается гетеродином, входящим в состав системы фазовой автоподстройки частоты — ФАПЧ [8].

Структурная схема УКВ ЧМ приемника прямого преобразования с синхронным детектором и ФАПЧ представлена на рис. 1. Принятые антенной WA1 колебания радиочастоты $f_р$ поступают на полосовой фильтр предварительной селекции Z1, выделяющий полезные сигналы и ослабляющий помехи. Прошедший через фильтр сигнал $U_с$ частотой $f_с$ подается на фазовый детектор (ФД) U1, к которому подводятся также колебания частотой $f_г$ от перестраиваемого гетеродина G1. При

произвольных значениях частот гетеродина и сигнала фазовый детектор работает как обычный смеситель, и на его выходе появляются колебания разностной частоты $f = |f_г - f_c|$. При равенстве же частот гетеродина и сигнала выходное напряжение фазового детектора пропорционально разности фаз колебаний гетеродина и сигнала $\varphi_г - \varphi_c$.

Выход фазового детектора через ФНЧ Z2 соединен со входом усилителя постоянного тока (УПТ) A1, а выход последнего — с управляющим элементом E1, изменяющим частоту гетеродина, а также с ФНЧ Z3. Далее

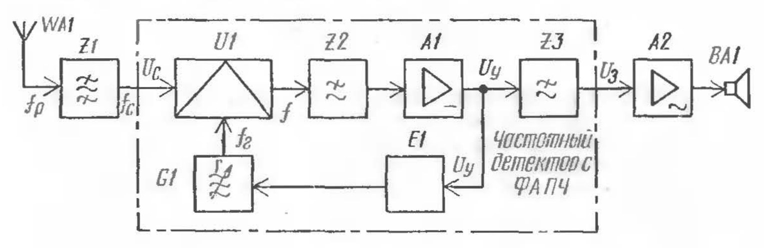


Рис. 1. Структурная схема УКВ ЧМ приемника

следует усилитель звуковой частоты (УЗЧ) A2, нагруженный на динамическую головку BA1.

В зависимости от первоначально установленной частоты гетеродина и вида поступающего сигнала возможны несколько режимов работы приемника.

1. При значительной расстройке гетеродина относительно сигнала разностная частота оказывается выше частоты среза ФНЧ Z2, колебания не поступают на вход УПТ — на выходе его нет управляющего напряжения.

2. При перестройке гетеродина на частоту, близкую к частоте сигнала, приходит в действие система ФАПЧ. Колебания разностной частоты проходят через ФНЧ Z2 и усиливаются УПТ, на выходе которого появляется управляющее напряжение. Оно приложено к управляющему элементу E1, который изменяет частоту гетеродина, приближая ее к частоте сигнала,— происходит синхронизация колебаний гетеродина принимаемым сигналом. Максимальная начальная расстройка $|f_г - f_c|$, при которой еще возможна синхронизация, называется полосой захвата системы ФАПЧ. В результате синхронизации устанавливается точное равенство частот гетеродина и сигнала и разность фаз ($\approx 90°$) при определенном значении управляющего напряжения.

Описанные явления развиваются быстро, и нарастание управляющего напряжения происходит скачком. Некоторые частотные составляющие скачка проходят через ФНЧ Z3, усиливаются и воспроизводятся динамической головкой в виде щелчка. Этот звук служит признаком настройки приемника на немодулированный сигнал, например, в паузе модуляции радиостанции.

3. Если же сигнал модулирован по частоте, полоса захвата как бы расширяется, что облегчает настройку на радиостанцию. Мгновенная разность фаз сигналов гетеродина и сигнала изменяется с частотой модуляции, управляющее напряжение на выходе УПТ колеблется, и управляющий элемент вынуждает частоту гетеродина следовать за изменениями частоты сигнала. При этом колебания управляющего напряжения, соответствующие закону модуляции сигнала, проходят через ФНЧ Z3, напряжение звуковой частоты усиливается и воспроизводится динамической головкой.

Вообще приемник может работать и без ФНЧ Z3, но благодаря ему несколько ослабляются шумы и возможные интерференционные помехи от других станций с близкими частотами, а также устраняется избыток высокочастотных составляющих звука.

Приемник с ФАПЧ малочувствителен к АМ сигналам, например гармоникам вещательных КВ радиостанций. При сильных помехах АМ подавляется не полностью и может слабо прослушиваться в паузах ЧМ передачи.

4. Переход на прием другой ЧМ станции происходит довольно своеобразно. Если, с целью перестройки, изменять емкость или индуктивность контура гетеродина, то вначале его частота продолжает оставаться равной частоте принимаемого сигнала в результате действия ФАПЧ при нарастании постоянной составляющей управляющего напряжения. Имеет место так называемое удержание частоты гетеродина, при котором прием продолжается, хотя и могут возникнуть искажения звука из-за появления асимметрии переменной составляющей управляющего напряжения.

Однако пределы действия ФАПЧ ограничены характеристиками УПТ и управляющего элемента. Поэтому при некотором критическом значении управляющего напряжения автоподстройка нарушается, синхронизация гетеродина срывается, и его частота скачком изменяется до нового значения $f'_г$. Управляющее напряжение падает до нуля, и прием прекращается со щелчком.

Разность частот $|f'_г - f_г|$ называется полосой удержания системы ФАПЧ. Она всегда больше полосы захвата, однако не должна быть слишком широкой, чтобы не препятствовать нормальной настройке приемника на другие станции. Настройка осуществляется дальнейшим изменением емкости или индуктивности контура гетеродина вплоть до его синхронизации частотой очередной станции. Если же полоса удержания будет чрезмерно велика, возможны «перескоки» настройки с одной станции на другую.

Таким образом, специфической частью УКВ ЧМ приемника, представленного структурной схемой, является выделенный штрихпунктирным прямоугольником синхронный частотный детектор с ФАПЧ, который содержит замкнутую петлю автоматического регулирования U1Z2A1E1G1U1. На первый взгляд такой приемник представляется довольно сложным, причем большая часть его каскадов приходится на частотный детектор с ФАПЧ. Однако он может быть собран всего на одной-

двух микросхемах средней степени интеграции и нескольких дискретных элементах [7].

Возможен и более простой приемник, который можно собрать по схеме, приведенной на рис. 2. Его основой является предложенный **А. Захаровым** [2] синхронный

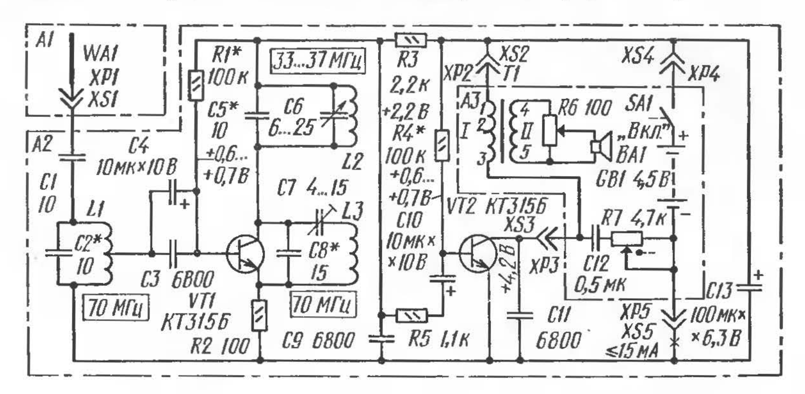


Рис. 2. Принципиальная схема УКВ ЧМ приемника

фазовый детектор, в котором синхронизация гетеродина прямым захватом сочетается с упрощенной системой ФАПЧ. Каскад на транзисторе VT1 одновременно выполняет функции преобразователя спектра сигнала в область звуковых частот, перестраиваемого гетеродина, синхронизатора, УПЧ, ФНЧ, управляющего элемента и предварительного усилителя ЗЧ. Кроме того, обеспечивается независимость выходного напряжения ЗЧ от уровня входных ЧМ сигналов, что эквивалентно действию АРУ, осуществляется подавление АМ и импульсных помех.

Достоинством данного синхронного детектора является также преобразование на второй гармонике гетеродина, генерирующего частоту вдвое меньшую частоты сигнала. Благодаря этому достигается более устойчивая работа многофункционального каскада и предотвращается возможность помех другим приемникам от излучения гетеродина.

Напряжение радиочастоты, наведенное в штыревой антенне WA1, поступает через конденсатор связи C1 на входной контур L1C2, настроенный на среднюю частоту вещательного УКВ ЧМ диапазона и имеющий достаточно широкую полосу пропускания. Выделенный контуром

сигнал подается через конденсаторы C3, C4 на базу транзистора VT1, работающего как преобразователь частоты с включением по схеме ОЭ и нагруженного цепью R3C9.

В гетеродине приемника транзистор VT1 включен по схеме ОБ, поскольку база соединена с общим проводом через конденсаторы C3, C4 и часть катушки L1, представляющую для генерируемых частот малое сопротивление. Контур гетеродина L2C6 настраивается конденсатором переменной емкости C6 на половину частоты сигнала. Самовозбуждение обеспечивается положительной обратной связью через конденсатор C8. Дополнительная связь через последовательный контур L3C7, настроенный на среднюю частоту диапазона, увеличивает амплитуду второй гармоники гетеродина в цепи коллектора транзистора VT1 (благодаря этому повышается чувствительность приемника).

Гетеродин синхронизируется прямым захватом на второй гармонике, так как ток коллектора транзистора VT1 содержит составляющую с частотой сигнала, которая протекает через контур L2C6. Он представляет для нее емкостное сопротивление, а для колебаний гетеродина — активное, благодаря чему напряжение сигнала отстает по фазе на 90° от напряжения гетеродина. Это создает условия для синхронного детектирования ЧМ сигнала и подавления АМ помех.

Коллекторный и эмиттерный переходы транзистора VT1 выполняют функции ключевых элементов синхронного детектора, выходное напряжение которого выделяется на резисторе R2. Относительно него транзистор является УПТ (и предварительным усилителем ЗЧ) с включением по схеме ОБ, так как постоянное напряжение на базе фиксируется током резистора R1, а для напряжения ЗЧ база соединена с общим проводом через конденсаторы C3, C4 и часть катушки L1. Усиление такого каскада приблизительно равно отношению сопротивлений резисторов в цепях коллектора и эмиттера (в данном случае ≈20), причем цепь R3C9 представляет собой простейший ФНЧ, ослабляющий высокочастотные составляющие напряжения.

Усиленное до нескольких десятков милливольт напряжение, выделяющееся на резисторе R3, оказывается приложенным к коллекторному переходу транзистора VT1 и изменяет его динамическую емкость — она подключена к контуру L2C6. Возникающая при этом ФАПЧ

дополняет синхронизацию гетеродина прямым захватом, поддерживая ее при изменениях девиации ЧМ сигнала.

Сигнал ЗЧ фильтруется от высокочастотных колебаний и постоянной составляющей с помощью второго ФНЧ, образованного резистором R5, разделительным конденсатором C10 и динамической входной емкостью транзистора VT2. Он включен по схеме ОЭ и работает в режиме класса A, выбранном для уменьшения искажений. В цепь коллектора транзистора включен трансформатор T1, согласующий выходное сопротивление усилителя с сопротивлением динамической головки BA1. Громкость ее звучания регулируют переменным резистором R6, а тембр — переменным резистором R7.

Приемник питается от батареи GB1 через выключатель SA1. Цепь питания заблокирована конденсатором C13 сравнительно большой емкости, обеспечивающим устойчивую работу при частичной разрядке батареи. Нежелательные связи через цепи питания устраняются также конденсаторами C9 и C11.

О деталях приемника. Катушки L1 — L3 намотаны проводом ПЭЛ 0,51 на керамических (или из другого материала) каркасах диаметром 6 мм, в качестве которых использованы резисторы ВС-1 сопротивлением свыше 2 МОм. Шаг намотки 1 мм. Катушка L1 содержит 5+5 витков, L2 — 22, а L3 — 13 витков.

Транзисторы КТ315Б можно заменить на КТ315Г или КТ315Е. Кроме того, на месте VT2 может работать транзистор МП37Б или МП38А.

Конденсаторы постоянной емкости C1, C2, C5, C8 — КТ-2 (или КТ-1, КД-1, КД-2); C3, C9, C11 — КД-2 (можно КМ, КПС, КЛГ); C4, C10, C13 — К50-3 (К50-12); C12 — МБМ (МБГЦ). Конденсатор переменной емкости C6 — типа КПВ (с наращенной осью), содержит 4 неподвижные и 3 подвижные пластины. Подстроечный конденсатор C7 — типа КПК-Т (можно КПК-МН).

Постоянные резисторы R1 — R5 могут быть МЛТ-0,125, МЛТ-0,25, ВС-0,125. Переменный резистор R6 — проволочный типа СП5-28А или непроволочный типа СПО с максимальным сопротивлением от 47 до 100 Ом. Переменный резистор R7 — СП3-4ВМ (можно другого типа) с сопротивлением от 2,2 до 4,7 кОм и совмещенный с выключателем SA1.

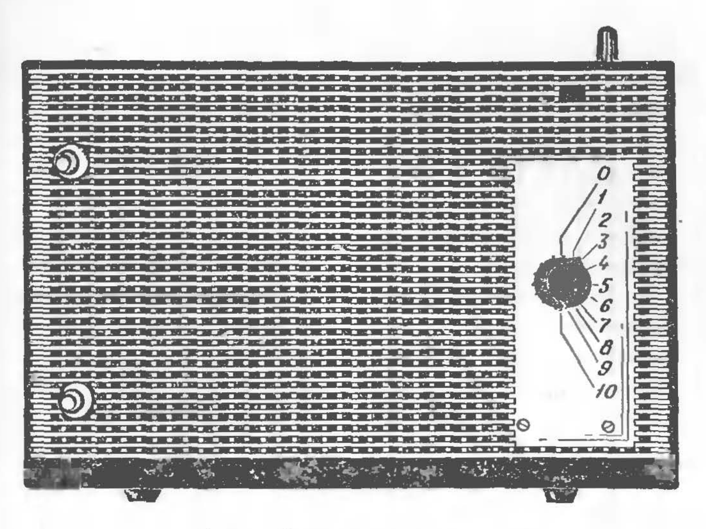


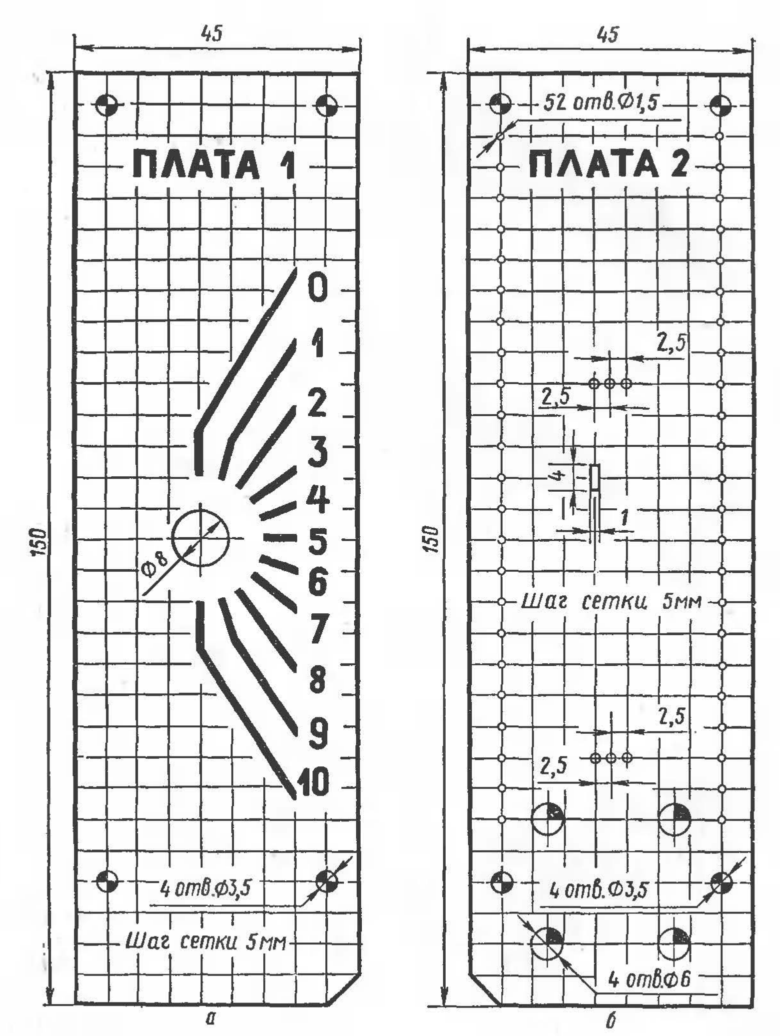
Рис. 3. Внешний вид приемника

Трансформатор T1 — выходной от приемников «Спидола», ВЭФ-12, ВЭФ-201. Он выполнен на магнитопроводе Ш8×8; обмотка I содержит 350+350 витков провода ПЭЛ 0,18, обмотка II — 92 витка ПЭЛ 0,29 в два провода. Динамическая головка BA1 — 1ГД-30 или другая повышенной чувствительности, мощностью до 1 Вт (например, 0,5ГД-17, 1ГД-8).

Гнезда XS1 — XS5 и однополюсные вилки XP1 — XP5 могут быть любой конструкции. Батарея GB1 — 3336 или три элемента 332, 343, 373, соединенные последовательно.

Конструктивно приемник состоит из трех узлов, выделенных на принципиальной схеме штрихпунктирными линиями: A1 — корпус со съемной антенной, A2 — узел обработки сигнала, A3 — узел звуковоспроизведения и питания. Узлы соединены между собой с помощью гнезд и вилок.

Антенну лучше всего использовать телескопическую от переносных транзисторных радиоприемников. Подойдет и четвертьволновый штырь — отрезок жесткого провода диаметром 3 мм и длиной около 1 м. Верхний конец провода следует согнуть кольцом (во избежание травм), а к нижнему припаять вилку XP1.



Пластмассовый корпус приемника и динамическая головка — от абонентского громкоговорителя «Черемшина». Пригодны корпусы и головки от громкоговорителей III класса других марок. В корпусе просверлены отверстия для гнезда XS1, ручек управления и выпилено прямоугольное окно для шкалы (рис. 3).

Узел А2 содержит плату 1 (рис. 4, *а*) с конденсатором переменной емкости и простейшей шкалой настройки

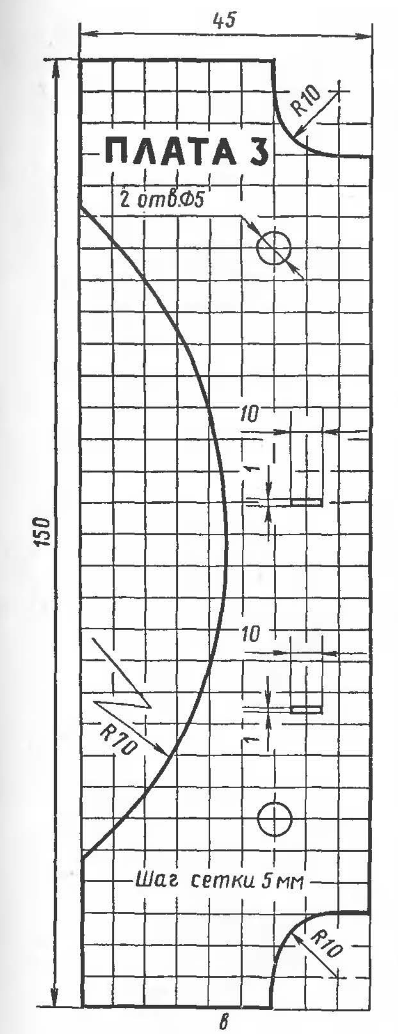


Рис. 4. Чертежи монтажных плат приемника

и плату 2 (рис. 4, *б*) с большинством радиодеталей, а узел А3 — плату 3 (рис. 4, *в*). Чертежи плат нужно перенести на координатную сетку с шагом 5 мм (тетрадную бумагу в клеточку), наклеить их на заготовки толщиной 2 мм и размерами 45×150 мм из гетинакса или жесткого слоистого декоративного пластика, после чего просверлить и обработать все отверстия и вырезы.

Монтаж платы 2 и размещение на ней деталей показан на рис. 5. Соединения выполнены луженым проводом диаметром 0,5 мм, который продевают через отверстия платы диаметром 1,5 мм и сгибают в виде петель (рис. 6, *а*). Выводы деталей пропускают через отверстия платы (рис. 6, *б*) и припаивают к соединительным проводникам (рис. 6, *в*), удаляя затем выступающие концы выводов. В отверстия диаметром 6 мм устанавливают гнезда XS2—XS5, поджимая под их гайки концы соединительных проводников.

В связи с относительно большими габаритами и неодинаковой высотой деталей узла А3 они смонтированы на плате 3 объемным методом (рис. 7). Динамическая головка и батарея питания расположены в корпусе вне платы 3. Соединения узла 3 выполнены гибкими проводниками в поливинилхлоридной изоляции, часть из которых объединена в жгут.

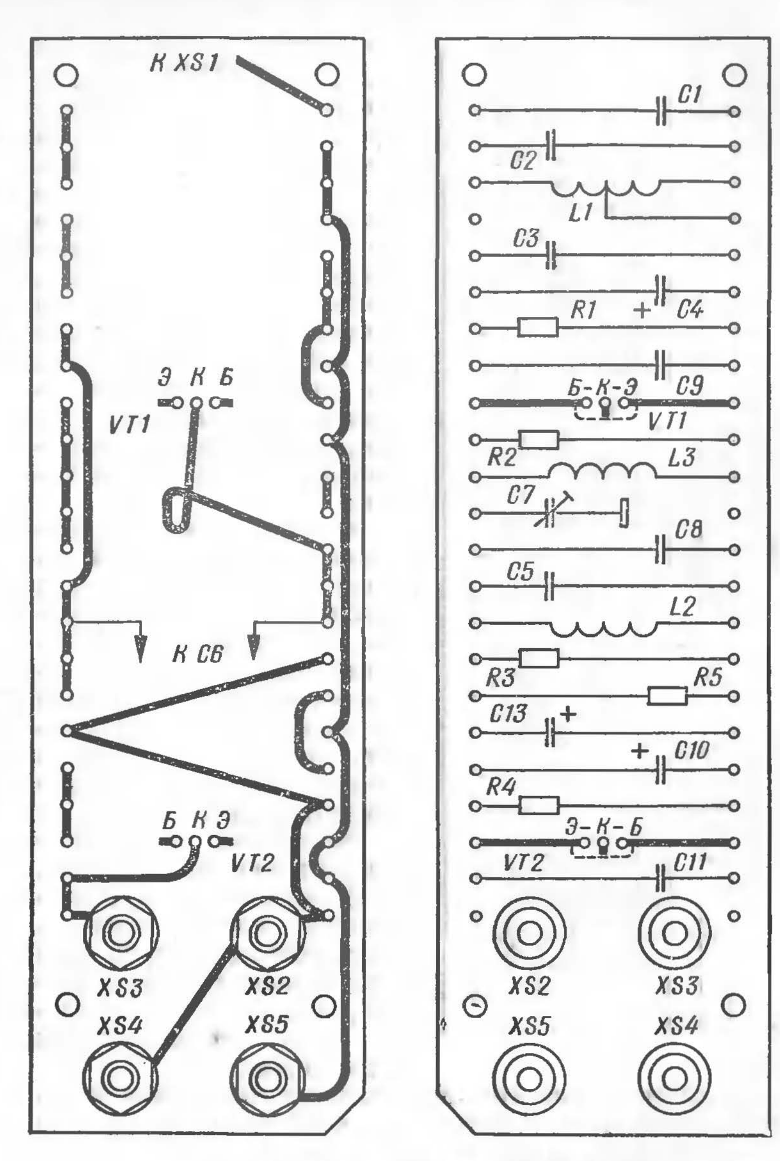


Рис. 5. Монтаж деталей на плате 2

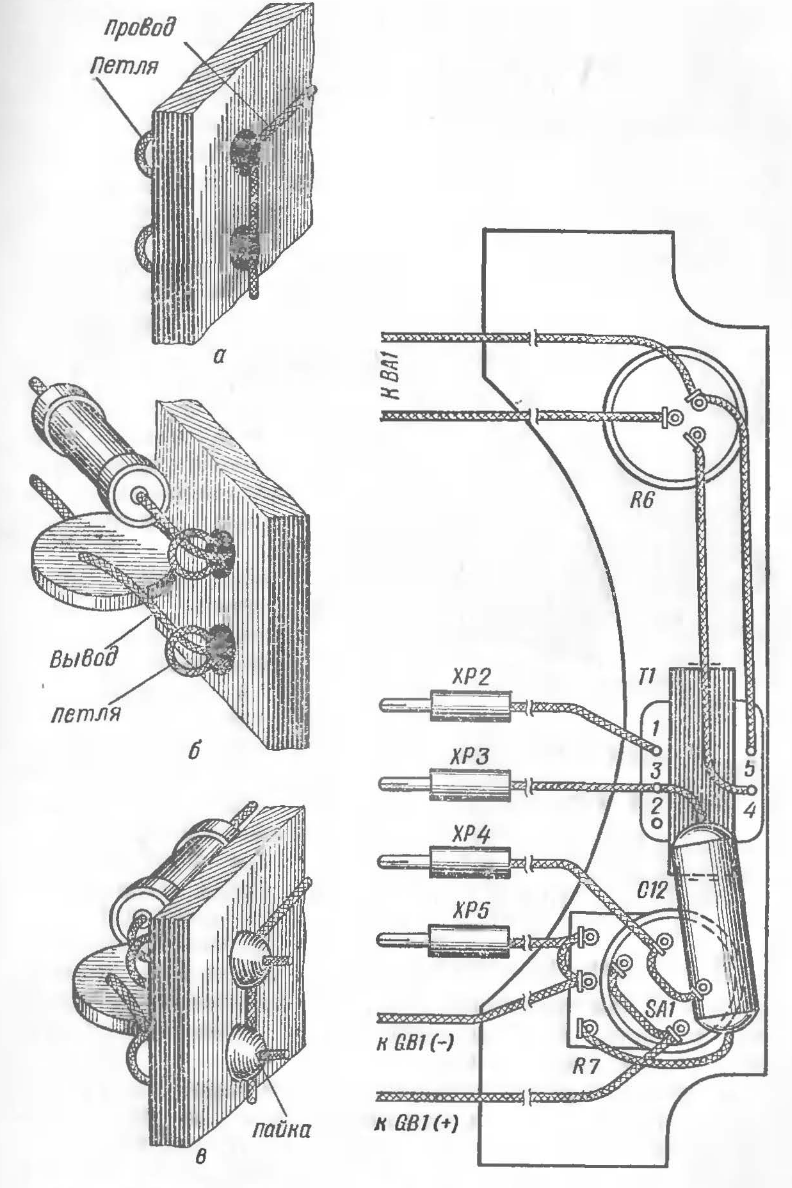


Рис. 6. Примеры соединения деталей

Рис. 7. Монтаж деталей на плате 3

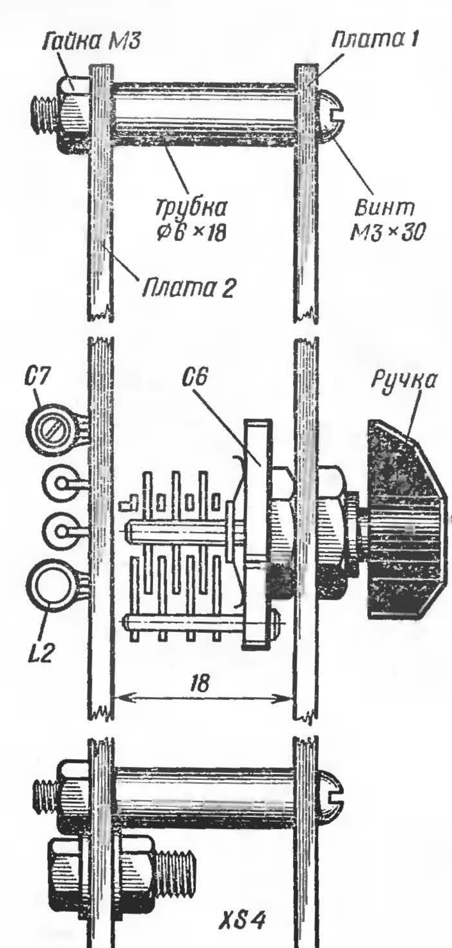
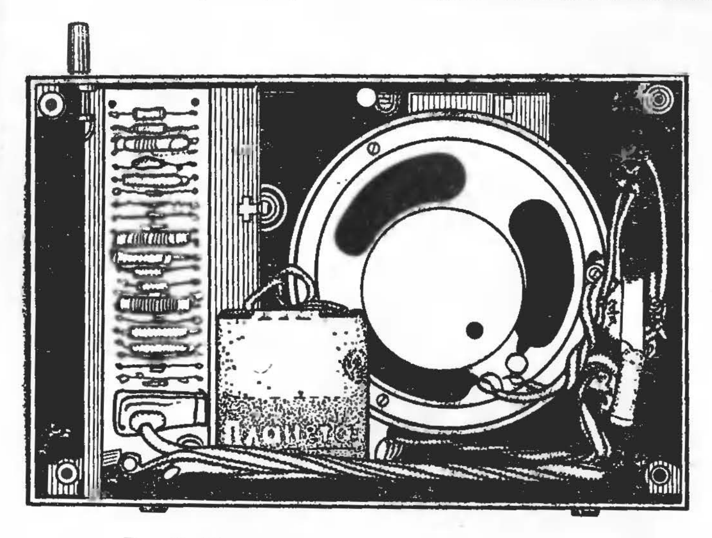


Рис. 8. Крепление плат 1 и 2

По окончании монтажа устанавливают конденсатор переменной емкости на плату 1 и прикрепляют ее к плате 2 четырьмя винтами с распорками из отрезков металлической трубки (рис. 8). На ось конденсатора надевают ручку с указателем (например, «клювик»). Выводы конденсатора припаивают к проводникам платы 2, причем его статор — к проводнику, соединенному с коллектором транзистора VT1.

После этого можно приступать к налаживанию приемника. Вставив вилки XP2 — XP5 в соответствующие гнезда, включают приемник и проверяют режимы (их измеряют авометром Ц437 или аналогичным), указанные на принципиальной схеме. Признаком работы гетеродина является уменьшение напряжения на конденсаторе C9 при замыкании выводов конденсатора переменной емкости. В противном случае нужно увеличить емкость конденсатора C8.

Налаживание облегчается при наличии генератора сигналов или гетеродинного индикатора резонанса, с помощью которых настраивают контуры на частоты, указанные на схеме. При отсутствии приборов можно использовать вспомогательный вещательный радиоприемник с УКВ диапазоном. Соединенный с его антенным входом проводник приближают к конденсатору переменной емкости, установленному в среднее положение, и перестраивают вспомогательный приемник до обнаружения им второй гармоники гетеродина — по характерному шипящему звуку. По шкале вспомогательного


Рис. 9. Размещение плат в корпусе приемника

приемника определяют границы диапазона при крайних положениях конденсатора переменной емкости и при необходимости корректируют их.

Например, если при минимальной емкости конденсатора вторая гармоника гетеродина прослушивается на частоте 71 МГц (длина волны 4,2 м), то для повышения частоты вместо конденсатора C5 устанавливают другой, меньшей емкости. Если же при максимальной емкости конденсатора переменной емкости гармоника слышна на частоте 67 МГц (длина волны 4,5 м), то частоту понижают, увеличивая индуктивность катушки L2 сближением ее витков.

После этого пробуют принять передачи местной УКВ ЧМ радиостанции или ретранслятора. Если прием будет прерываться или сопровождаться посторонними звуками (свист, рокот), нужно изменить емкость подстроечного конденсатора C7 и подобрать сопротивление резистора R1. Затем ослабляют входной сигнал, временно укоро-

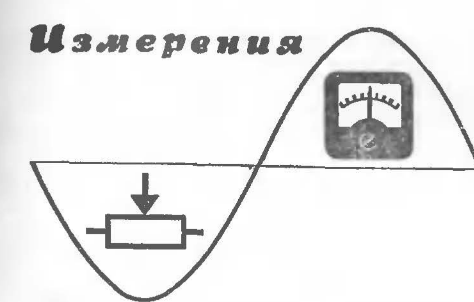
тив антенну, и добиваются максимальной громкости при надежном удержании синхронизации сближением или раздвижением витков катушек L1 и L3. Повторяют укладку границ диапазона, как описано выше, после чего фиксируют витки катушек нитроклеем.

В заключение подбирают резистор R4 для получения наилучшего звучания приемника.

По окончании налаживания платы узлов A2 и A3 вставляют в корпус и укрепляют в нем (рис. 9). В отверстие крышки корпуса устанавливают гнездо XS1 и поджимают под его гайку проводник, соединенный с конденсатором C1. Батарею питания прикрепляют к дну корпуса металлическим хомутиком или липкой лентой.

Литература

1. Алексеев Ю. П. Современная техника радиовещательного приема.— М.: Связь, 1975.
2. Захаров А. УКВ ЧМ приемники с ФАПЧ.— Радио, 1985, № 12, с. 28—30.
3. Кононович Л. М. Современный радиовещательный приемник.— М.: Радио и связь, 1986.
4. Момот Е. Г. Проблемы и техника синхронного радиоприема.— М.: Связьиздат, 1961.
5. Павлов Б. А. Синхронный прием.— М.: Энергия, 1977.
6. Погарцев И. УКВ приемник с ФАПЧ.— Радио, 1986, № 5, с. 36.
7. Поляков В. Т. Радиовещательные ЧМ приемники с фазовой автоподстройкой.— М.: Радио и связь, 1983.
8. Щербак Ю. Фазовая автоподстройка частоты.— Радио, 1978, № 4, с. 39—41.



ДВА ИСПЫТАТЕЛЯ ТРАНЗИСТОРОВ

А. Аристов

Аристов Александр Сергеевич — руководитель радиокружка клуба юных техников Первоуральского новотрубного завода, родился в 1946 году. В двенадцать лет строил приемники, измерительные приборы, устройства автоматики. По окончании школы вел радиокружок, работая на заводе и учась в техникуме. С 1968 года полностью посвятил себя занятиям с юными радиолюбителями. Описания конструкций кружковцев руководитель рассказал в трех десятках статей, опубликованных в отечественных и зарубежных журналах, на страницах сборника ВРЛ. Работы кружковцев отмечены 25 медалями «Юный участник ВДНХ», а труд руководителя — тремя бронзовыми медалями ВДНХ СССР.

Чтобы судить о пригодности транзистора для того или иного устройства, достаточно знать два-три основных его параметра:

1. Обратный ток коллектор-эмиттер при замкнутых выводах эмиттера и базы — $I_{КЭК}$ — ток в цепи коллектор-эмиттер при заданном обратном напряжении между коллектором и эмиттером.

2. Обратный ток коллектора — $I_{КБО}$ — ток через коллекторный переход при заданном обратном напряжении коллектор-база и разомкнутом выводе эмиттера.

3. Статический коэффициент передачи тока базы — $h_{21Э}$ — отношение постоянного тока коллектора к постоянному току базы при заданном постоянном обратном напряжении коллектор-эмиттер и токе эмиттера в схеме с общим эмиттером (ОЭ).

Проще всего измерить ток $I_{КЭК}$ по схеме, упрощенно изображенной на рис. 1. Узел A1 на нем обобщает все детали, входящие в прибор. Требования к узлу просты: он не должен оказывать влияние на результаты измерений, а при коротком замыкании в испытуемом транзисторе VT1 ограничить ток до безопасного для стрелочного индикатора значения.

Измерение $I_{КБО}$ не предусматривается приборами, но это не трудно сделать, отключив вывод эмиттера от цепи измерения.

Некоторые трудности возникают при измерении статического коэффициента передачи $h_{21Э}$. В простых приборах он измеряется при фиксированном токе базы измерением тока коллектора, но точность таких приборов невысока, поскольку коэффициент передачи зависит от тока коллектора (эмиттера). Поэтому $h_{21Э}$ следует измерять при фиксированном токе эмиттера, как и рекомендует ГОСТ. Достаточно при этом измерять ток базы и судить по нему о величине $h_{21Э}$. Тогда шкалу стрелочного индикатора можно отградуировать непосредственно в значениях коэффициента передачи. Правда, она

получается неравномерной, но зато на ней укладываются все необходимые значения (от 19 до 1000).

Такие приборы уже разрабатывались радиолюбителями (см., например, статью Б. Степанова, В. Фролова «Испытатель транзисторов» — Радио, 1975, № 1, с. 49—51). Однако в них довольно часто не принимали мер по фиксации напряжения коллектор-эмиттер. Подобное решение оправдывали тем, что $h_{21Э}$ мало зависит от этого

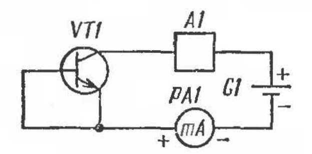


Рис. 1. Схема измерения обратного тока коллектор-эмиттер

Рис. 2. Схема измерения статического коэффициента передачи тока

напряжения. Однако, как показывает практика, эта зависимость все же заметна в схеме ОЭ, поэтому напряжение коллектор-эмиттер желательно фиксировать.

Исходя из этих соображений в радиокружке КЮТ Первоуральского Новотрубного завода Евгением Ивановым и Игорем Ефремовым под руководством автора была разработана схема измерения, принцип которой иллюстрирует рис. 2. Ток эмиттера $I_Э$ испытуемого транзистора стабилизирован генератором стабильного тока A1, что снимает большинство требований к источнику питания G1: его напряжение может быть нестабильным, от него потребляется практически только ток $I_Э$. Напряжение коллектор-эмиттер транзистора фиксировано, поскольку равно сумме стабильных напряжений на стабилитроне VD1, эмиттерном переходе транзистора VT1 и стрелочном индикаторе PA1. Сильная отрицательная обратная связь между коллектором и базой транзистора через стабилитрон и стрелочный индикатор удерживает транзистор в активном режиме, для которого справедливы следующие соотношения:

$$I_К = I_Э - I_Б, \qquad [1]$$

$$h_{21Э} = I_К/I_Б = (I_Э - I_Б)/I_Б = (I_Э/I_Б) - 1, \qquad [2]$$

где $I_К$, $I_Э$, $I_Б$ — соответственно ток коллектора, эмиттера, базы транзистора, мА.

Для построения шкалы непосредственного отсчета удобно пользоваться формулой

$$I_Б = I_Э/(h_{21Э} + 1) \qquad [3]$$

Приведенные формулы справедливы только в случае весьма малого тока $I_{КБО}$, характерного для кремниевых транзисторов. Если же этот ток значителен, для более точного подсчета коэффициента передачи лучше пользоваться формулой

$$h_{21Э} = (I_К - I_{КБО})/(I_Б + I_{КБО}) = I_Э/(I_Б + I_{КБО}) - 1. \qquad [4]$$

А теперь познакомимся с практическими конструкциями приборов.

Испытатель маломощных транзисторов

Его принципиальная схема приведена на рис. 3. Испытуемый транзистор подключают к зажимам XT1 — XT5. Источник стабильного тока собран на транзисторах VT1 и VT2. Переключателем SA2 можно установить один из двух токов эмиттера: 1 мА или 5 мА. Чтобы не

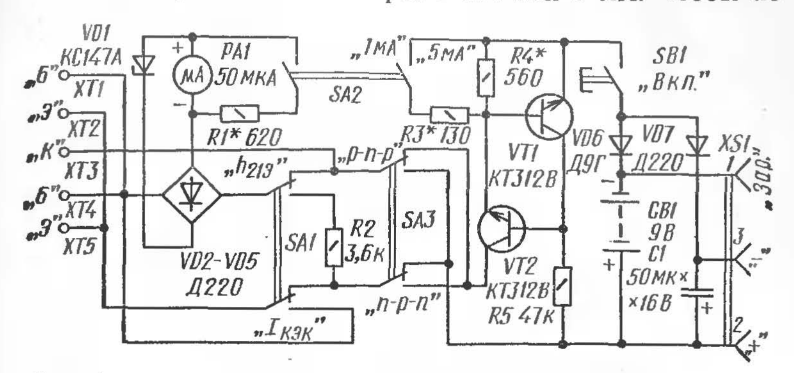


Рис. 3. Принципиальная схема испытателя маломощных транзисторов

изменять шкалу измерений $h_{21э}$, во втором положении переключателя параллельно индикатору PA1 подключается резистор R1, уменьшая впятеро его чувствительность.

Переключателем SA1 выбирают род работы — измерение $h_{21э}$ или $I_{кэк}$. Во втором случае в цепь измеряемого тока включается дополнительный токоограничительный резистор R2. В остальных случаях при коротких замыканиях в испытываемых цепях ток ограничивает генератор стабильного тока.

Чтобы упростить коммутацию, в цепь измерения тока базы введен выпрямительный мост VD2 — VD5. Напряжение коллектор-эмиттер определяется суммой напряжений на последовательно включенных стабилитроне VD1, двух диодах выпрямительного моста и эмиттерном переходе испытуемого транзистора. Переключателем SA3 выбирают структуру транзистора. Питание на прибор подается только на время измерения кнопочным выключателем SB1.

Питается прибор от источника GB1, которым может быть батарея «Крона» или аккумулятор 7Д-0,1. Перио-

дически аккумулятор можно подзаряжать, подключая зарядное устройство к гнездам 1 и 2 разъема XS1. Возможно питание прибора от внешнего источника постоянного тока напряжением 6...15 В (нижний предел определяется устойчивостью работы во всех режимах,

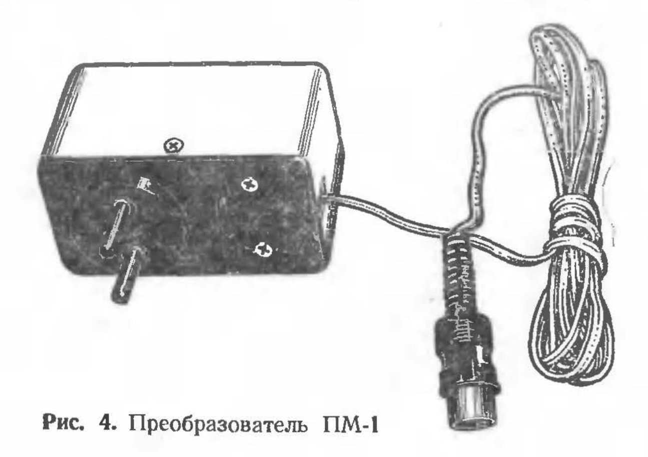


Рис. 4. Преобразователь ПМ-1

верхний — номинальным напряжением конденсатора С1), подключаемого к гнездам 2 и 3 разъема XS1. Диоды VD6 и VD7 при этом выполняют роль разделительных.

Удобно использовать для питания прибора от сети преобразователь ПМ-1 (рис. 4) от электрофицированных игрушек. Он недорог и обладает хорошей электрической изоляцией между обмотками, обеспечивающей безопасность в работе. Преобразователь нужно лишь оснастить штырьковой частью разъема XS1.

В приборе использован стрелочный индикатор типа М261М с током полного отклонения стрелки 50 мкА и сопротивлением рамки 2600 Ом. Резисторы — МЛТ-0,25. Диоды VD2 — VD5 должны быть обязательно кремниевые, с возможно меньшим обратным током. Диоды VD6, VD7 — любые из серий Д9, Д220, с возможно меньшим прямым напряжением. Транзисторы — любые из серий КТ312, КТ315, со статическим коэффициентом передачи не менее 60. Оксидный конденсатор — любого типа, емкостью 20...100 мкФ на номинальное напряжение не ниже 15 В. Разъем XS1 — СГ-3 или СГ-5, зажимы ХТ1 — ХТ5 — любой конструкции.

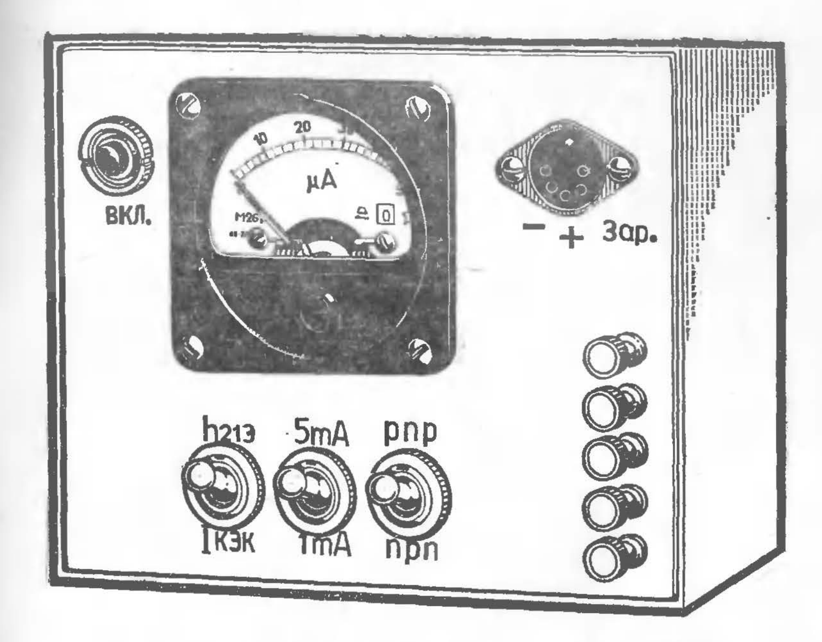


Рис. 5. Внешний вид испытателя маломощных транзисторов

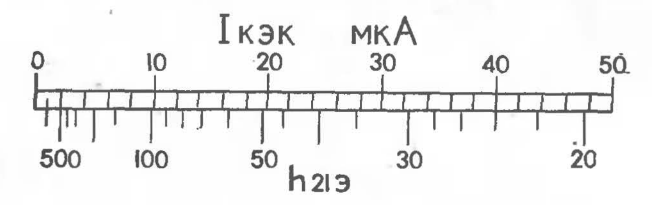


Рис. 6. Шкала отсчета индикатора

Детали прибора собраны в корпусе размерами 140×115×65 мм (рис. 5), изготовленном из пластмассы. Лицевая стенка, на которой укреплены стрелочный индикатор, кнопочный выключатель, переключатели, зажимы и разъем, закрыта фальшпанелью из органического стекла, под которую подложена цветная бумага с надписями. Чтобы не вскрывать стрелочный индикатор и не чертить шкалу, к прибору изготовлен трафарет (рис. 6), дублирующий шкалу отсчета. Можно просто составить таблицу, в которой для каждого деления шкалы указать соответствующее значение статического

коэффициента передачи. Для составления такой таблицы подойдут вышеприведенные формулы.

Налаживание прибора сводится к точной установке токов $I_Э$ 1 мА и 5 мА подбором резисторов R3, R4 и к подбору резистора R1, сопротивление которого должно быть в 4 раза меньше сопротивления рамки стрелочного индикатора.

Испытатель мощных транзисторов

Схема этого прибора приведена на рис. 7. Поскольку к испытателю мощных транзисторов предъявляют меньшие требования по точности показаний, возникает вопрос: какие упрощения могут быть сделаны по сравнению с предыдущей конструкцией?

Испытывают мощные транзисторы при больших токах эмиттера (в данном приборе выбраны 0,1 А и 1 А), поэтому прибор питается только от сети через понижающий трансформатор T1 и выпрямительный мост VD6—

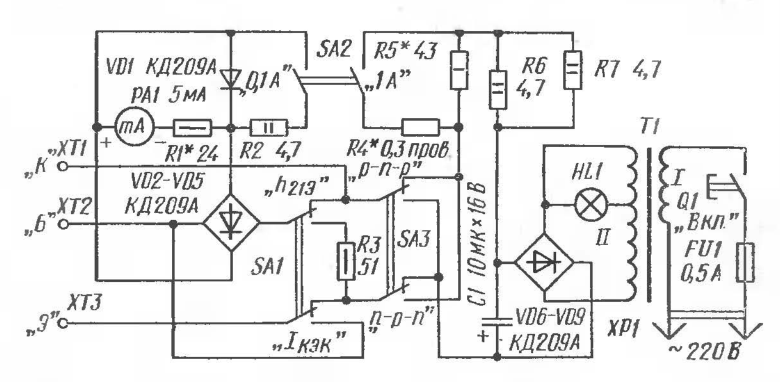


Рис. 7. Принципиальная схема испытателя мощных транзисторов

VD9. Построить генератор стабильного тока на указанные сравнительно большие токи трудно, да и нет необходимости — его роль выполняют резисторы R4 — R7, диоды выпрямительного моста, обмотка трансформатора. Правда, стабильный ток эмиттера протекает только при стабильном напряжении сети и таком же напряжении коллектор-эмиттер испытуемого транзистора. Дело облегчается тем, что последнее напряжение выбирается

малым — обычно 2 В, чтобы избежать разогрева транзистора. Это напряжение равно сумме падений напряжения на двух диодах моста VD2 — VD5 и эмиттерном переходе испытуемого транзистора.

Ожидалось, что будет заметно сказываться на токе эмиттера разность падений напряжений на эмиттерных переходах германиевого и кремниевого транзисторов, но ожидание не подтвердилось: на практике эта разность оказалась весьма малой. Другое дело — нестабильность сетевого напряжения, она вызывает еще большую нестабильность тока эмиттера (из-за нелинейности сопротивлений полупроводниковых диодов и постоянства напряжения коллектор-эмиттер испытуемого транзистора). Поэтому для повышения точности измерений $h_{21э}$ прибор следует включать в сеть через автотрансформатор (например, ЛАТР) и поддерживать им напряжение питания прибора 220 В.

Очередной вопрос — о пульсациях выпрямленного напряжения: какая амплитуда их допустима? Многочисленные опыты по сравнению показаний прибора, питающегося от источника «чистого» постоянного тока и от источника пульсирующего тока, не выявили практически никакой разницы показаний $h_{21э}$ при использовании стрелочного индикатора магнитоэлектрической системы.

Сглаживающее действие конденсатора C1 прибора проявляется только при измерении небольших токов $I_{КЭК}$ (примерно до 10 мА). Кремниевый диод VD1 защищает стрелочный индикатор PA1 от перегрузок. В остальном схема прибора похожа на схему предыдущего устройства.

Трансформатор T1 может быть от преобразователя ПМ-1, но его нетрудно изготовить самим. Понадобится магнитопровод УШ14×18. Обмотка I должна содержать 4200 витков провода ПЭВ-1 0,14, обмотка II — 160 витков ПЭВ-1 0,9 с отводом от 44-го витка, считая от верхнего по схеме вывода. Подойдет другой готовый или самодельный трансформатор с напряжением на вторичной обмотке 6,3 В при токе нагрузки до 1 А.

Резисторы — МЛТ-0,5 (R1, R3), МЛТ-1 (R5), МЛТ-2 (R2, R6, R7) и проволочный (R4), изготовленный из провода с высоким удельным сопротивлением. Лампа HL1 — МН3,5-0,28. Стрелочный индикатор — типа М24 с током полного отклонения стрелки 5 мА. Диоды

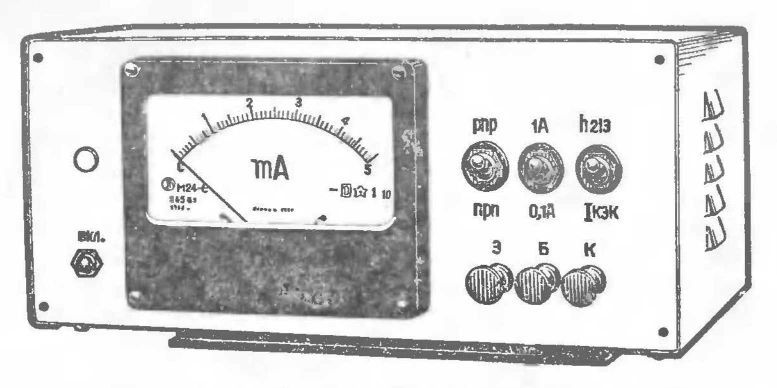


Рис. 8. Внешний вид испытателя мощных транзисторов

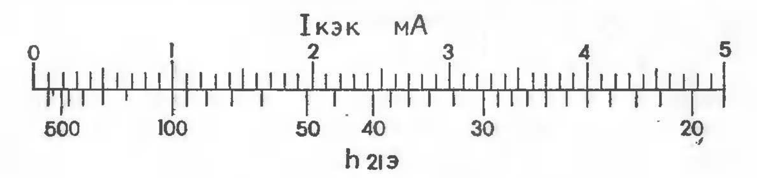


Рис. 9. Шкала отсчета индикатора

могут быть другие, рассчитанные на выпрямленный ток до 0,7 А (VD6 — VD9) и 100 мА (остальные).

Прибор смонтирован в корпусе размерами 280×170×130 мм (рис. 8). Детали распаяны на выводах переключателей и на монтажной плате, укрепленной на зажимах стрелочного индикатора. Как и в предыдущем случае, к прибору изготовлен трафарет (рис. 9), дублирующий шкалу отсчета.

Налаживание прибора сводится к установке указанных токов эмиттера подбором резисторов R4 и R5. Контроль тока ведут по падению напряжения на резисторах R6, R7. Резистор R1 подбирают таким, чтобы сумма сопротивлений его и индикатора PA1 была в 9 раз больше сопротивления резистора R2.

ПОРТАТИВНЫЙ ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИМЕТР

С. Бирюков

Бирюков Сергей Алексеевич — начальник сектора одного из московских научно-исследовательских институтов, кандидат технических наук, родился в 1945 году. Радиолюбитель с восьмилетнего возраста, собирал самые разнообразные конструкции, многие из которых описал на страницах журнала «Радио». В последние годы предпочтение отдает измерительной технике и цифровым устройствам. Член редколлегии МРБ издательства «Радио и связь», рецензент журнала «Радио» и сборника ВРЛ, автор 30 изобретений. Автор более 60 статей и 2 книг. За успехи в радиолюбительском творчестве награжден знаком «Почетный радист СССР».

Промышленность выпускает универсальную микросхему серии КР572ПВ2 (с буквенными индексами А, Б, В), включающую в себя несколько электронных устройств. На ее базе не трудно собрать достаточно простой и портативный мультиметр, позволяющий измерять напряжения, токи, сопротивления. Но прежде чем рассказать о самом приборе, несколько слов о микросхеме и ее работе.

Микросхема КР572ПВ2 (рис. 1) содержит электронные ключи А1 — А11, буферный операционный усилитель DA1, работающий в режиме повторителя, интегратор на операционном усилителе DA2, компаратор DA3 и цифровую часть, состоящую из тактового генератора G, логического устройства DD1, счетчика СТ, регистра памяти RG и выходного дешифратора DC. Ключи А1 — А11 включаются в определенной последовательности логическим устройством DD1, работающим совместно со счетчиком СТ.

Устройство работает по принципу двойного интегрирования, широко применяемому в цифровых измерительных приборах. Идея этого метода состоит в том, что вначале интегрирующий конденсатор заряжают в течение определенного времени током, пропорциональным измеряемому напряжению, а затем разряжают определенным током до нуля. Время, в течение которого происходит разрядка конденсатора, пропорционально измеряемому напряжению. Это время измеряется счетчиком, выходные сигналы которого подаются на цифровые индикаторы.

Рассмотрим работу микросхемы подробнее. На выводы 30 и 31 микросхемы подается измеряемое напряжение ($U_{вх}$), на выводы 35 и 36 — образцовое ($U_{обр}$). Цикл измерения (рис. 2) состоит из трех фаз: интегрирования сигнала (ИНТ), разрядки интегрирующего конденсатора (РИ) и автоматической коррекции нуля (АК). Каждой фазе соответствует определенная коммутация элементов микросхемы, выполняемая ключами А1 — А11 на МОП-транзисторах. На

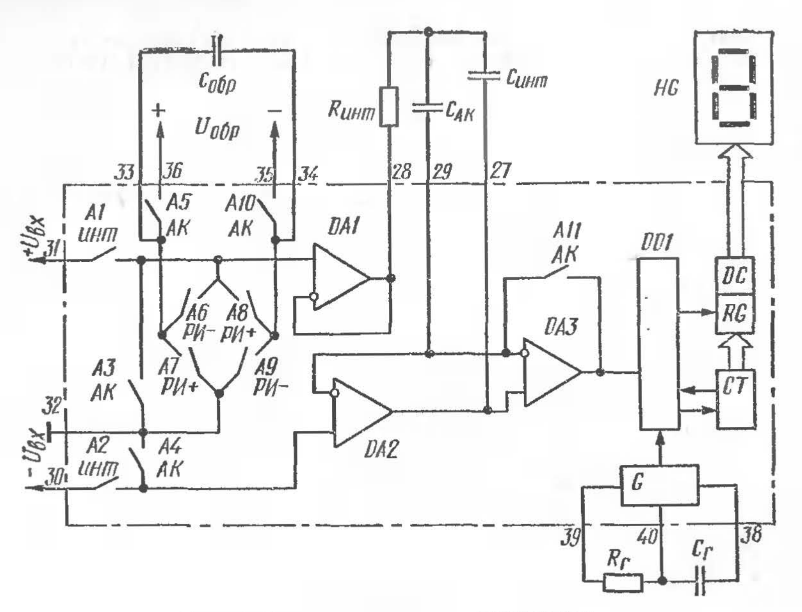


Рис. 1. Состав микросхемы КР572ПВ2

рис. 1 надписи у ключей обозначают фазу, в течение которой ключ замкнут. Длительность фазы пропорциональна периоду тактовой частоты и точно задается счетчиком СТ.

В течение фазы ИНТ, длящейся 4000 периодов Т тактовой частоты, входной сигнал через ключи А1, А2 и буферный усилитель DA1 подается на вход интегратора DA2. Это вызывает на конденсаторе $C_{инт}$ накопление заряда, пропорционального по величине и соответствующего по знаку приложенному входному напряжению. Напряжение на выходе интегратора DA2 изменяется с постоянной скоростью, пропорциональной входному сигналу.

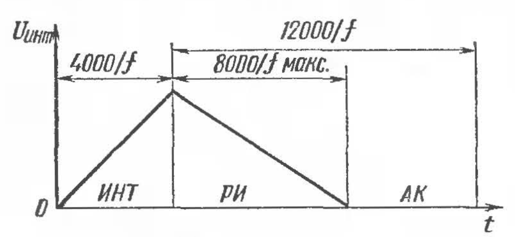


Рис. 2. Фазы цикла измерения

Предположим, что к моменту начала фазы ИНТ заряды на конденсаторах $C_{инт}$ и $C_{ак}$ и напряжения смещения нуля усилителей DA1 — DA3 равны нулю. Поскольку входной ток интегратора DA2 мал, заряд на конденсаторе $C_{ак}$ не изменяется, и он фактически не влияет на процесс интегрирования. Конденсатор $C_{обр}$ заряжен от источника образцового напряжения до величины $U_{обр}$.

В конце фазы ИНТ с помощью компаратора DA3 определяется знак входного напряжения по знаку напряжения на выходе интегратора DA2. Чувствительность компаратора DA3 такова, что полярность входного сигнала определяется даже тогда, когда он составляет долю единицы отсчета.

При работе микросхемы в фазе РИ входной сигнал на интегратор не подается, но к нему подключается через ключи А7, А8 или А6, А9 конденсатор $C_{обр}$, заряженный до образцового напряжения и ориентированный (соответствующим включением ключей) по полярности таким образом, чтобы конденсатор $C_{инт}$ разряжался. Как только он разрядится полностью, напряжение на выходе DA2 станет равным нулю. В этот момент подключенный параллельно конденсатору $C_{инт}$ (через конденсатор $C_{ак}$) компаратор DA3 срабатывает и прекращает фазу РИ. Заряд конденсаторов $C_{обр}$ и $C_{ак}$ практически не изменяется. Время разрядки конденсатора $C_{инт}$, выраженное числом периодов тактовых импульсов, и есть результат измерения, записанный в счетчик СТ. Состояние счетчика переписывается в регистр RG, а затем преобразуется в сигналы семисегментного кода — они поступают на индикаторы.

Фаза АК начинается с прекращения работы счетчика, когда логическое устройство DD1 включает ключи А3, А4 и А11. Образовавшаяся при этом следящая система (из операционных усилителей DA1 — DA3) обеспечивает зарядку конденсаторов $C_{ак}$ и $C_{инт}$ до напряжения, компенсирующего смещение нуля А1 — А3. Оно остается неизменным в течение последующих фаз ИНТ и РИ. В результате приведенная ко входу погрешность измерения из-за смещения нуля и его температурного дрейфа не превышает 10 мкВ.

В состав микросхемы входит тактовый генератор. Частота следования его импульсов определяется внешними элементами $R_г$ и $C_г$. Для подавления помех с частотами, кратными 50 Гц, частота повторения должна быть такой, чтобы во время интегрирования (4000 периодов Т тактового генератора) укладывалось целое число К периодов (20 мс) сетевого напряжения. Иначе говоря, $4000T = K \cdot 20$ мс, где К=1, 2, 3 и т. д. Отсюда $f = 1/T = 200/K$ кГц, т. е. 200, 100, 67, 50, 40 кГц и т. д.

Номиналы деталей частотозадающих цепей тактового генератора рассчитывают по формуле $C_г = 0{,}45/f_г R_г$. Для повышения стабильности частоты между выводами 39 и 40 может быть включен кварцевый резонатор (элементы $R_г$ и $C_г$ в этом случае не подключают). При работе микросхемы от внешнего генератора тактовые импульсы подают на вывод 40, выводы 38 и 39 при этом оставляют свободными.

Диапазон входных напряжений микросхемы зависит от образцового напряжения $U_{обр}$ и определяется его соотношением с $U_{вх.\ макс} = \pm 1{,}999 U_{обр}$. Текущие показания индикаторов выражаются числом, равным $1000 U_{вх}/U_{обр}$.

При использовании микросхемы необходимо, чтобы выходное напряжение буферного усилителя DA1 и интегратора DA2 не превышало граничного напряжения линейного участка, равного 2В. Это накладывает ограничение на соотношение между образцовым напряжением, частотой тактовых импульсов генератора, сопротивлением $R_{инт}$ и емкостью $C_{инт}$. Рекомендуемые соотношения при f=50 кГц: $R_{инт}=47$ кОм, $C_{инт}=0{,}1$ мкФ, $C_{обр}=1$ мкФ, $U_{обр}=0{,}1$ В, $C_{ак}=0{,}47$ мкФ или $R_{инт}=470$ кОм, $C_{инт}=0{,}1$ мкФ, $C_{обр}=0{,}1$ мкФ, $U_{обр}=1$ В, $C_{ак}=0{,}047$ мкФ. Для указанной частоты $C_г=91$ пФ,

$R_г$=100 кОм. Допускаемые отклонения от номинала указанных элементов — не более ±5 %.

Период измерений при частоте тактовых импульсов 50 кГц составляет 320 мс (3 измерения в секунду). Максимальный ток, потребляемый микросхемой от обоих источников питания,— не более 1,8 мА, выходной ток старшего разряда — не менее 10 мА, остальных — не менее 5 мА. Коэффициент ослабления синфазного напряжения 100 дБ, погрешность преобразования не превышает 1, 3 и 5 единиц младшего разряда для микросхем КР572ПВ2А, КР572ПВ2Б и КР572ПВ2В соответственно. Указанные параметры гарантируются при температуре (25±5) °С и питающих напряжениях +5 В и —5 В с нестабильностью ±1 % (напряжения источников питания могут быть +5 В ±10 % и — 4, 5...— 8 В). Нестабильность образцового напряжения должна быть не хуже 0,1 %, так как она входит в погрешность измерения. Входное сопротивление микросхемы превышает 100 МОм (оно определяется *лишь* утечками).

Описываемый цифровой мультиметр собран на основе микросхемы КР572ПВ2А. Прибор обеспечивает измерение постоянного и переменного напряжения (в вольтах) и тока (в миллиамперах), а также сопротивления (в килоомах) в пяти диапазонах с верхними пределами 0,199, 1,999, 19,99, 199,9, 1999. Погрешность измерения сопротивлений, постоянного напряжения и тока менее ±(0,2 %+1 единица младшего разряда). При измерении переменного напряжения и тока в диапазоне частот 20 Гц...5 кГц погрешность измерения менее ±(0,3%+1 единица младшего разряда) во всем диапазоне измеряемых напряжений. В диапазоне частот до 20 кГц при измерении параметров от 0,1 установленного предела и выше погрешность не превышает 2,5 % от измеряемой величины, а на частоте 50 кГц — 10 %.

Указанная точность для вольтметра переменных напряжений на частотах более 5 кГц гарантируется на диапазонах 0,199 В, 1,999 В и 19,99 В. На диапазонах 199,9 В и 1999 В погрешность на частотах более 5 кГц увеличивается. Переменное и постоянное напряжения на диапазоне 1999 В не должно превышать 500 В.

Входное сопротивление вольтметра — 11 МОм, емкость — 100 пФ, падение напряжения при измерении тока не превышает 0,2 В. Питается прибор от батареи 3336, потребляемый ток не превышает 120 мА.

Схема коммутации цепей мультиметра приведена на рис. 3. При измерении постоянного напряжения оно поступает через делитель R1 — R6 на вход «+» аналого-цифрового преобразователя (АЦП), при этом вход «—» АЦП подключен к общему проводу. Сопротивления

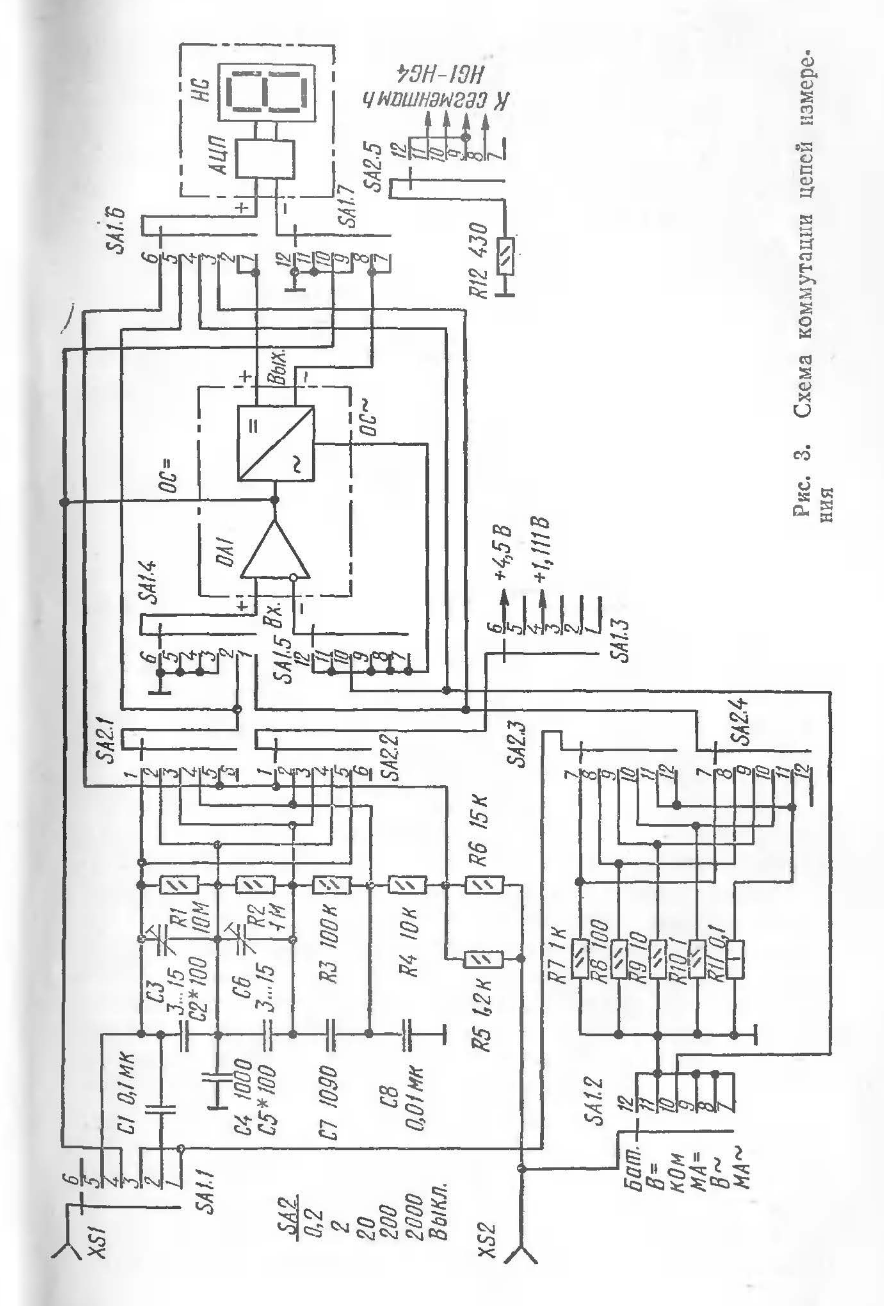


Рис. 3. Схема коммутации цепей измерения

большинства резисторов делителя выбраны кратными 10, что облегчает их подбор. Сопротивление нижнего плеча делителя в этом случае должно быть 1,111 кОм — оно получается параллельным соединением резисторов 1,2 кОм и 15 кОм (R5 и R6). При установке резисторов делителя с допуском 0,1 % никакого дополнительного подбора их не потребуется.

При измерении постоянного тока АЦП подключен к одному из шунтов R7 — R11, через которые проходит измеряемый ток. Использование двух секций (SA2.3 и SA2.4) переключателя пределов измерений для коммутации шунтов позволяет исключить влияние нестабильности сопротивления контактов на погрешность измерений и выход из строя прибора в момент переключения пределов.

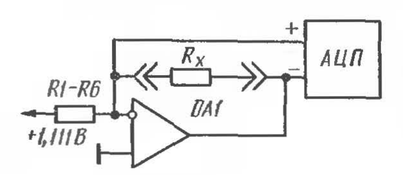


Рис. 4. Принцип работы омметра мультиметра

Принцип работы омметра иллюстрирует рис. 4. Измеряемое сопротивление включено в цепь обратной связи операционного усилителя DA1, входной ток которого задается резисторами R1 — R6, подключаемыми через секции SA2.2 и SA1.3 переключателей к источнику постоянного тока напряжением ±1,111 В. Поскольку сопротивление включаемых резисторов кратно 1,111 кОм, задаваемый ими ток имеет значения, кратные 10, а падение напряжения на измеряемом сопротивлении с точностью до множителя 10^n равно его величине. Это падение напряжения измеряется с помощью АЦП, подключенного непосредственно к измеряемому сопротивлению.

Такое построение омметра позволяет использовать те же резисторы, что и в делителе вольтметра, и исключает их подбор. Кроме того, дрейф нуля операционного усилителя не приводит к дрейфу нуля омметра, но увеличивает его погрешность. Так, при дрейфе нуля в 1 мВ погрешность омметра составляет 0,1 % от измеряемой величины. Вот почему начальная установка нуля усилителя DA1 должна проводиться очень тщательно.

Переменное напряжение и ток измеряются так же, как и постоянное напряжение и ток, но на вход АЦП включается преобразователь переменного напряжения в постоянное, обведенный на рис. 3 штрихпунктирной линией. Входной делитель и шунты использованы те же, что и при измерении постоянного напряжения и тока. Во входном делителе при измерении на переменном токе важную роль играют конденсаторы C2 — C8, обеспечивающие правильное деление входного сигнала. Точное значение емкостей этих конденсаторов рассчитать невозможно, поскольку неизвестна емкость монтажа. Поэтому нижние плечи делителя (конденсаторы C7 и C8) рассчитаны на некоторую усредненную емкость монтажа, поскольку разброс этой емкости мало влияет на точность деления при относительно большой емкости конденсатора C8. Верхние плечи делителя снабжены подстроечными конденсаторами C3, C6, что позволяет точно настроить делитель.

Построение делителя в две ступени (C2, C4 — первая ступень, C5, C7, C8 — вторая) позволяет в 10 раз уменьшить емкости нижних плеч. Относительно большая емкость конденсатора C2 верхнего плеча делителя позволяет точно подстроить это плечо конденсатором C3 и уменьшить погрешность делителя из-за изменения емкости монтажа при изменении положения соединительных проводников. Нижнее низкоомное плечо делителя выполнено без конденсатора.

Крайнее верхнее по схеме положение подвижного контакта переключателя SA1 служит для контроля напряжения питания. В этом случае АЦП подключается к нижнему плечу делителя напряжения (резисторы R5, R6), в одну из промежуточных точек которого через секции SA1.3 и SA2.2 подано напряжение батареи питания (+4,5 В). Предел измерения, как и при измерении постоянных напряжений, задается переключателем SA2.

На рис. 5 приведена схема преобразователя переменного напряжения в постоянное, источника опорного напряжения, АЦП и подключения АЦП к индикаторам.

Преобразователь переменного напряжения в постоянное собран на операционном усилителе DA1, который используется в омметре. Входное напряжение подается на неинвертирующий вход усилителя. Положительная полуволна усиленного напряжения выделяется на резисторе R18, отрицательная — на резисторе R17. Между верхними по схеме выводами резисторов R17 и R18 фор-

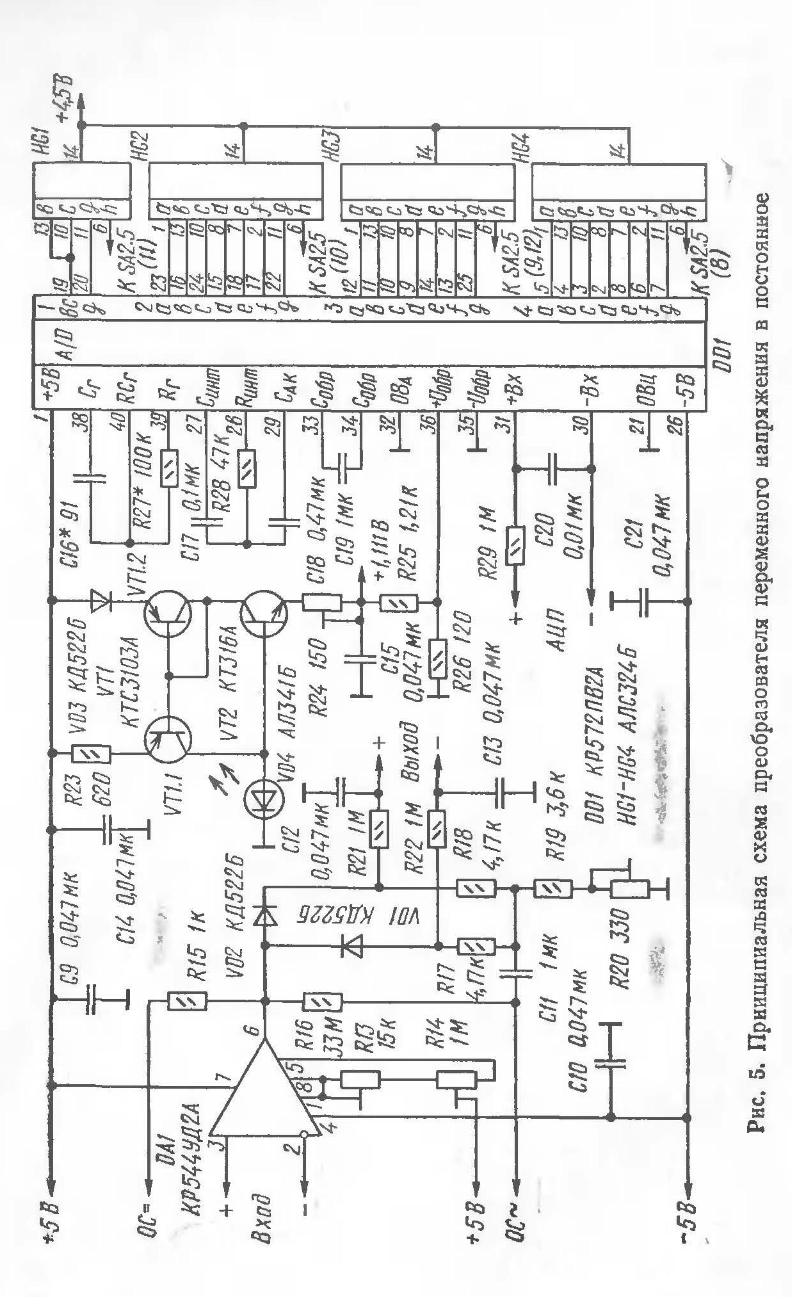


Рис. 5. Принципиальная схема преобразователя переменного напряжения в постоянное

мируется двухполупериодно выпрямленное переменное напряжение, которое через фильтрующие цепи R21C12 и R22C13 подается на вход АЦП.

На резисторах R19 и R20 выделяются обе полуволны усиливаемого напряжения. С них напряжение обратной связи по переменному току подается через конденсатор C11 на инвертирующий вход усилителя, чем достигается высокая точность и линейность преобразования. Стабильность рабочей точки усилителя по постоянному току обеспечивается за счет обратной связи через резистор R16. Относительно большое сопротивление этого резистора выбрано потому, что он не должен шунтировать измерительную цепь VD1, VD2, R17, R18. Емкость конденсатора C11 также выбрана сравнительно большой, так как он образует с паразитной емкостью монтажа делитель входного сигнала, поступающего на инвертирующий вход усилителя. При меньшей емкости этого конденсатора возникает заметная погрешность измерения переменного напряжения на пределе 1999 В.

Резисторы R13 и R14 служат для установки нуля усилителя DA1: R14 — для грубой, R13 — для точной. Конденсаторы C9 и C10 — блокировочные, подстроечный резистор R20 служит для точной установки коэффициента передачи преобразователя переменного напряжения в постоянное.

Аналого-цифровой преобразователь собран на микросхеме DD1, его выходы подключены к индикаторам с общим анодом HG1 — HG4. Знак «—» измеряемого напряжения индицируется сегментом g индикатора старшего разряда HG1. В этом индикаторе может индицироваться только цифра 1, цифра 0 не индицируется. Для того чтобы разделить знак «—» и цифру 1, правая часть сегмента g закрашена черной краской.

Конденсатор C16 и резистор R27 — элементы генератора ($C_г$ и $R_г$), задающие частоту. Генератор работает на частоте 50 кГц. Конденсатор C17 и резистор R28 — элементы интегратора ($C_{инт}$ и $R_{инт}$). Конденсатор C18 работает в цепи автокоррекции ($C_{ак}$), конденсатор C19 служит для запоминания образцового напряжения ($C_{обр}$). Цепь R29C20 служит для фильтрации входного напряжения АЦП. Конденсаторы C14 и C21 — блокировочные по цепям питания.

Для получения источника образцового напряжения 100 мВ и источника питания омметра 1,111 В использо-

ваны элементы VT1, VT2, VD3, VD4, R23 — R26. Выходное напряжение формируется как разность между падением напряжения на светодиоде VD4 и эмиттерном переходе транзистора VT2. Оба эти напряжения имеют отрицательный температурный коэффициент 2 мВ/град, вследствие чего напряжение на резисторах R24 — R26

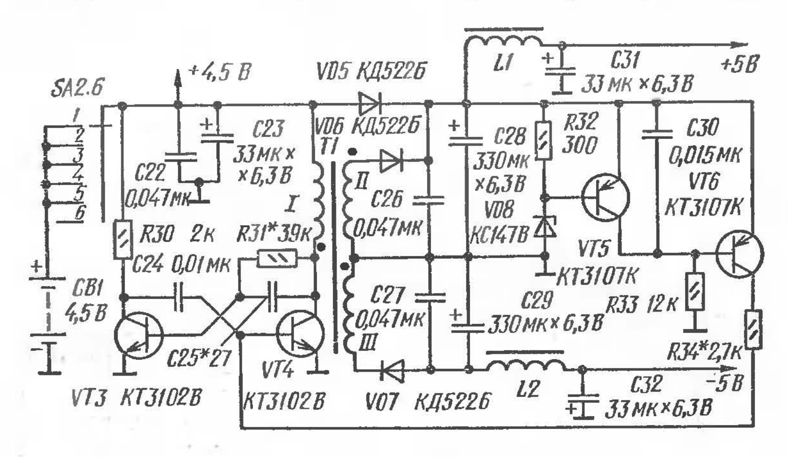


Рис. 6. Принципиальная схема узла питания

термостабильно. Транзисторы сборки VT1, резистор R23, диод VD3 образуют стабилизатор тока светодиода VD4. В связи с тем, что температурный коэффициент напряжения светодиода несколько меньше такого же коэффициента эмиттерного перехода транзистора VT2, для компенсации разницы стабилизатор выполнен с отрицательным температурным коэффициентом (за счет диода VD3). Для обеспечения равенства температур светодиода и транзистора VT2 они помещены в общую обойму, изготовленную из алюминия. Диод VD3 должен иметь тепловой контакт с обоймой, а транзисторы VT1.1 и VT1.2 входить в одну сборку.

Выходное образцовое напряжение 100 мВ устанавливается на резисторе R26 подстроечным резистором R24. Напряжение 1,111 В определяется резисторами R25 и R26, сопротивления которых должны быть в соотношении 10,11±0,1 %.

Напряжение 1,111 В в режиме омметра (под нагрузкой) несколько уменьшается, однако это не отражается

на точности измерений, поскольку в такой же степени уменьшается и образцовое напряжение 100 мВ.

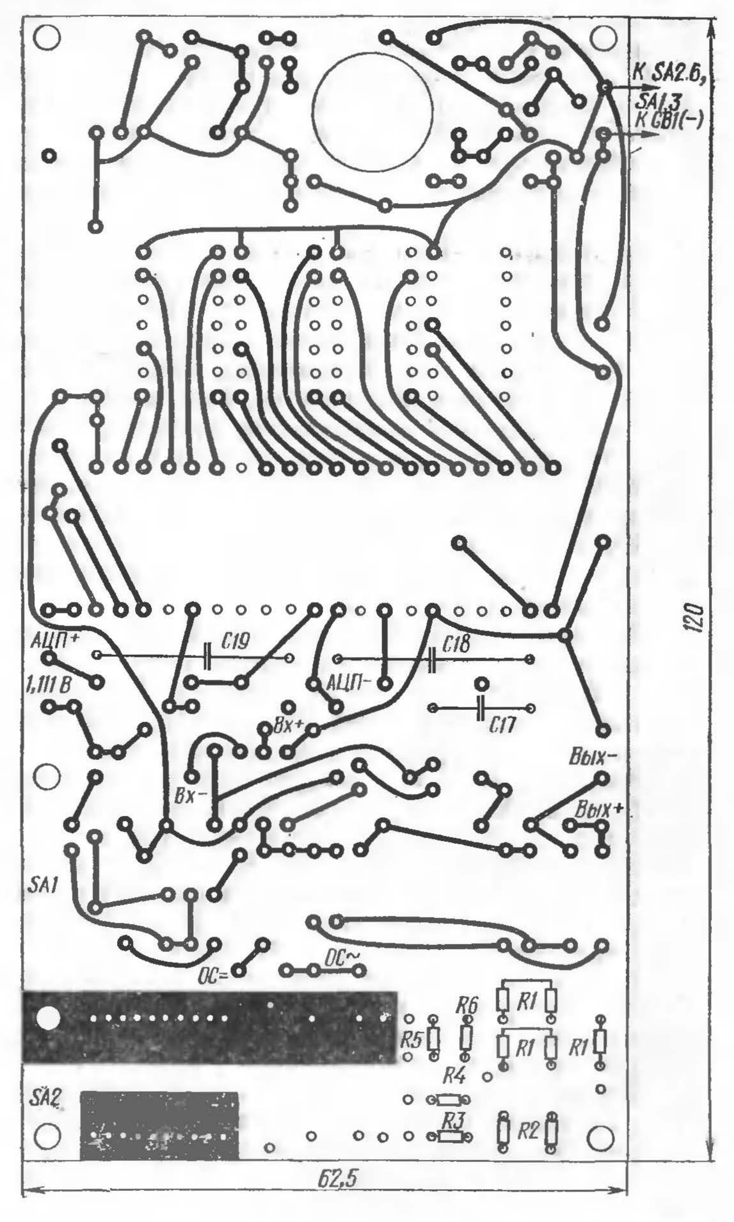
Схема узла питания мультиметра приведена на рис. 6. Основой узла является мультивибратор на транзисторах VT3 и VT4. Когда транзистор VT4 открыт, в трансформаторе T1 накапливается энергия, а когда он закрыт — накопленная энергия передается во вторичные цепи.

Транзисторы VT5 и VT6 входят в цепь стабилизации вторичного напряжения. Пока выходное напряжение +5 В меньше номинала, транзистор VT5 закрыт, а VT6 открыт и насыщен. Длительность импульсов на коллекторе транзистора VT4 максимальна, напряжения на выходах узла питания повышаются. Как только напряжение +5 В достигает номинального значения, транзистор VT5 приоткрывается, коллекторный ток транзистора VT6 уменьшается, длительность импульсов тока транзистора VT4 уменьшается, выходное напряжение стабилизируется. Потребляемый по цепи — 5 В ток меньше, чем по цепи +5 В, поэтому напряжение —5 В несколько превышает напряжение +5 В.

Фильтры C26C28L1C31 и C27C29L2C32 служат для сглаживания пульсаций выходного напряжения, диод VD5 облегчает пуск преобразователя (в нормальном режиме работы он закрыт). Конденсатор C30 обеспечивает устойчивость работы цепи стабилизации.

Резисторы R1 — R11 следует подобрать с точностью 0,1 %, в крайнем случае 0,2 %. В описываемой конструкции в основном использованы резисторы C2-29 мощностью 0,25 Вт. Резистор R10 — C2-1 мощностью 0,25 Вт, резистор R11 составлен из десяти параллельно соединенных резисторов C2-29 мощностью 0,25 Вт и сопротивлением 1 Ом. Резистор R1 состоит из пяти последовательно соединенных резисторов C2-29 мощностью 0,25 Вт и сопротивлением 2 МОм. В качестве R2 можно использовать два таких резистора, соединенных параллельно, либо один сопротивлением 1 МОм.

Для остальных резисторов большую точность соблюдать не нужно, однако резисторы R17 — R19, R25, R26 должны быть стабильными, например C2-29. Отклонение сопротивлений резисторов R25 и R26 от указанных на схеме допустимо до 10 % при сохранении приведенного выше соотношения 10,11±0,1 %.



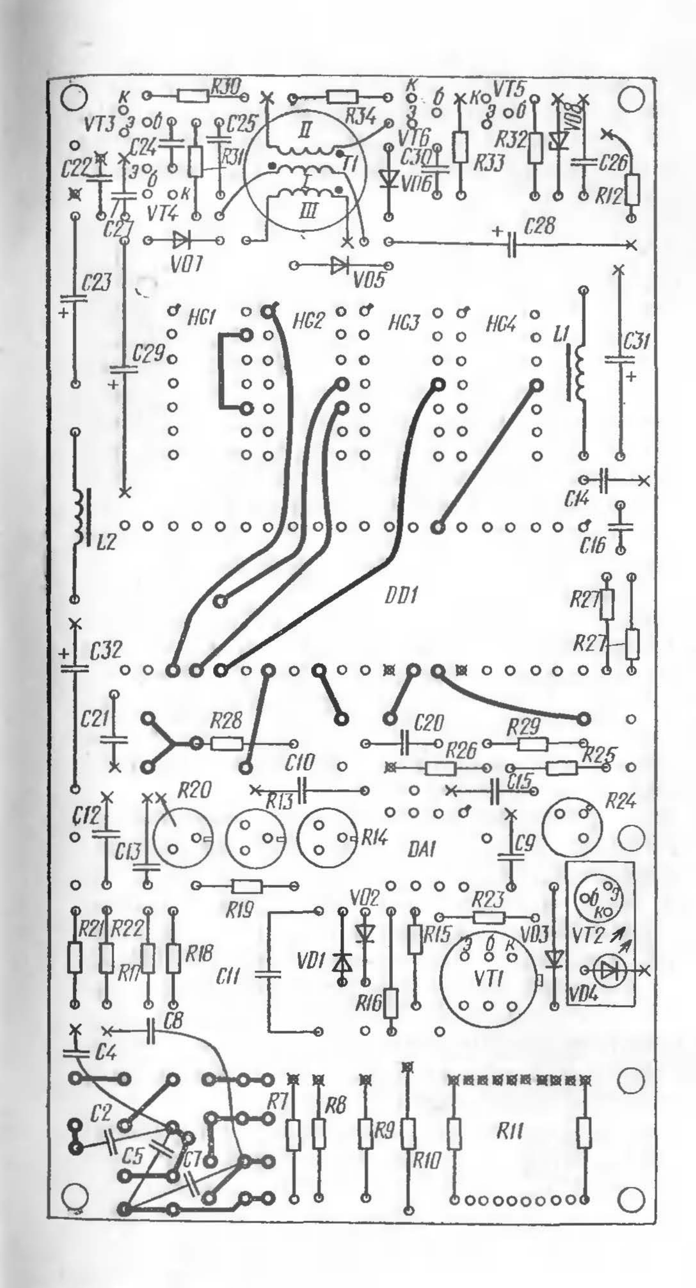


Рис. 7. Печатная плата мультиметра

Резисторы R17 и R18 могут быть сопротивлением 3...5 кОм, но обязательно одинаковым или возможно близким друг другу (до 1 %). Сопротивление резистора R19 должно составлять (85±3) % от R17, резистора R20 примерно 10 % от R19.

Резисторы R21, R22, R29 могут быть использованы с допуском 10 %, резистор R28 — 5 %. Резистор R16 — типа КИМ-0,125, подстроечные резисторы — СП3-19а.

Конденсатор C8 — К73-9 с допуском 10 % на номинальное напряжение 100 В, конденсаторы C1, C17, C18 и C19 — К73-17 на напряжение 250 В. Допуск конденсатора C17 должен быть 5 %, остальных до 20 %. Номинальное напряжение этих конденсаторов (кроме C1) может быть любым. Полярные конденсаторы, использованные в мультиметре,— типа К52-1, остальные — КМ-5 или КМ-6. Конденсатор C7 подбирается из конденсаторов с номинальной емкостью 1100 пФ, его емкость должна составлять 0,109 от емкости конденсатора C8 (с точностью ±0,2 %).

Конденсаторы C4 и C7 должны быть с ТКЕ не хуже М750. Подстроечные конденсаторы C3 и C6 — типа КТ4-21б на номинальное напряжение 250 В. Дроссели L1 и L2 — ДМ-0,1 индуктивностью 200 мкГн. Переключатель SA1 — ПГ2-12-6П8Н, SA2 — ПГ2-11-6П6Н. На принципиальной схеме дана нумерация контактов, приведенная на платах переключателей.

Светодиод — красного свечения, для обеспечения теплового контакта с транзистором VT2 он должен иметь металлостеклянный корпус. В качестве VT1.1 и VT1.2 могут быть использованы транзисторы сборок КР198НТ1 — КР198НТ4 с любым буквенным индексом. Операционный усилитель DA1 может быть КР544УД2 или К544УД2 с любым буквенным индексом. Микросхема DD1 может быть серии КР572ПВ2 с другими буквенными индексами, но это уменьшит точность мультиметра. Подойдет и микросхема К572ПВ2А — К572ПВ2В, но придется переработать печатную плату.

Трансформатор T1 выполнен на кольцевом сердечнике типоразмера К12×9×8 из феррита 600НН. На сердечник наматывают одновременно четыре обмотки (по 100 витков в каждой) сложенным вчетверо проводом ПЭЛШО 0,1. Две обмотки соединяют параллельно и используют как обмотку I трансформатора.

Детали мультиметра, кроме переключателей и подстроечных конденсаторов, расположены на печатной плате (рис. 7) размерами 62,5×120 мм из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита. На всей поверхности платы со стороны расположения микросхем, за исключением мест расположения проводников и резисторов R1 — R6, сохранен слой металлизации, выполняющий роль общего провода. Отверстия в печатной плате со стороны установки деталей раззенкованы. Места подпайки выводов к фольге общего провода помечены на чертеже платы крестиками. Выводы резисторов R7 — R11, R26, конденсатора C22 подпаяны к общему проводу с обеих сторон платы — в этом случае соответствующие отверстия не зенкуют.

Общий провод цифровой части микросхемы DD1 (вывод 21) объединен с общим проводом платы только у узла питания для уменьшения влияния цифровой части на аналоговую.

Переключатели установлены на уголке, изготовленном из латуни толщиной 1 мм (рис. 8). В уголок впаяны три латунные гайки, с помощью которых уголок крепится винтами М2 к печатной плате. Подстроечные конденсаторы установлены на небольшой печатной плате, закрепленной на торце переключателя SA2.

На рис. 9 приведен чертеж обоймы, служащей для обеспечения теплового контакта между светодиодом и транзистором VT2. Корпуса светодиода и транзистора обертывают тонкой фторопластовой (или полиэтиленовой) пленкой и вставляют в отверстия обоймы, после чего обойму стягивают винтом. Корпус диода VD3 после настройки мультиметра приклеивают к обойме каплей эпоксидного клея.

Плата мультиметра установлена в пластмассовый корпус (рис. 10) габаритами 130×72×37 мм. Напротив индикаторов в корпусе прорезано окно, в которое вклеена пластина из цветного прозрачного органического стекла (рис. 11). Часть платы с монтажом (нижняя по рис. 7 — до микросхемы DD1) закрыта экраном, состоящим из двух половин, частично вложенных друг в друга. Половины экрана изготовлены из латуни толщиной 0,3 мм, оклеены изнутри самоклеющейся декоративной пленкой и закреплены одним винтом, ввернутым в уголок, на котором размещены переключатели. Для лучшего контакта с общим проводом часть пленки в месте крепления к уголку снята.

Входные гнезда XS1 и XS2 (под ответные вилки диаметром 1,6 мм) установлены на боковой стенке корпуса напротив переключателя SA1.

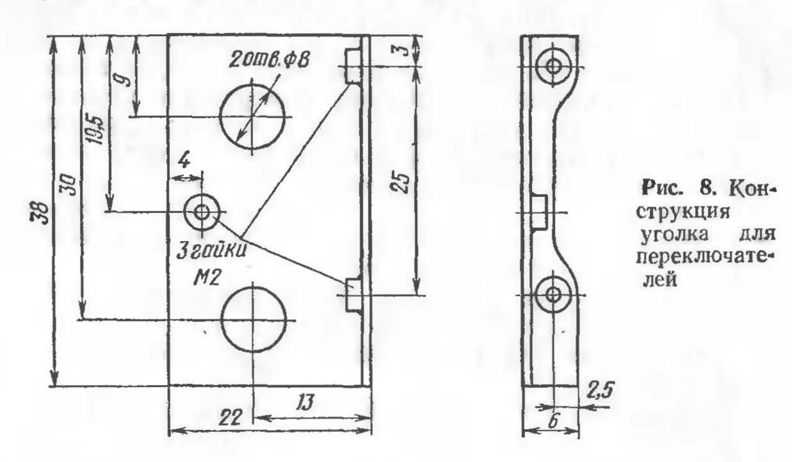


Рис. 8. Конструкция уголка для переключателей

Переключатели снабжены ручками-барабанами (рис. 12, *а*), изготовленными из алюминиевого сплава В95. На одну ручку нанесена гравировка режимов, на другую — пределов измерения. Для изоляции ручек от общего провода они установлены на текстолитовые втулки (рис. 12, *б*), наклеенные на оси переключателей.

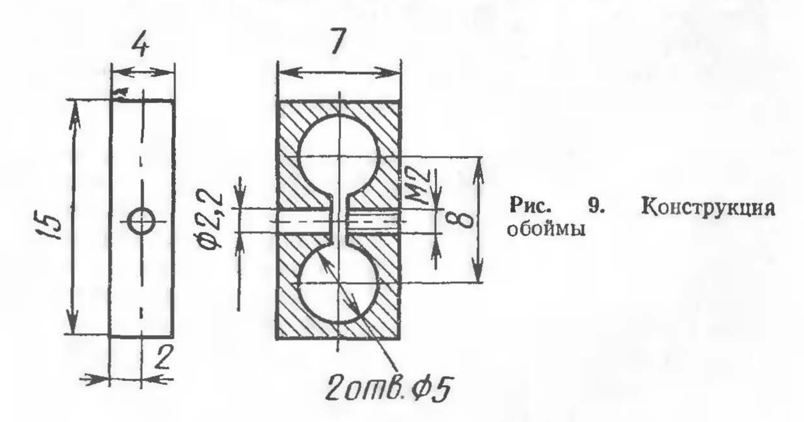


Рис. 9. Конструкция обоймы

Батарею питания при установке в корпус следует завернуть в полиэтиленовую пленку, чтобы, когда она «потечет», не испортить мультиметр.

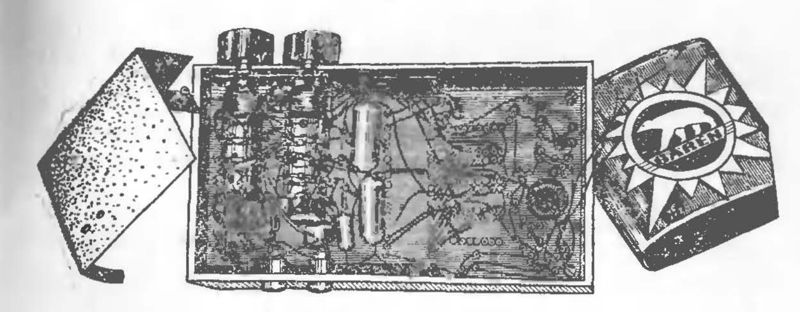


Рис. 10. Вид на монтаж мультиметра

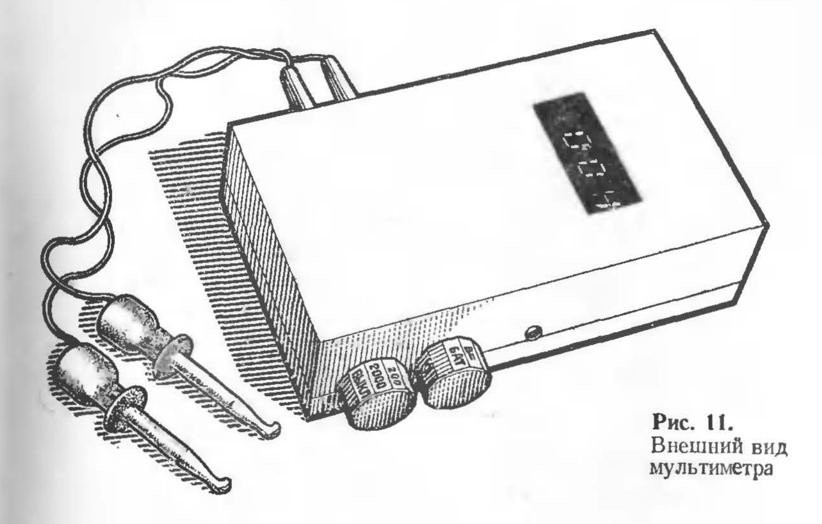


Рис. 11. Внешний вид мультиметра

В связи с большой плотностью размещения элементов монтаж и настройку мультиметра рекомендуется вести в такой последовательности. Вначале следует собрать узел питания, включить между его выходами «+5 В» и «—5 В» резистор сопротивлением 1 кОм и подбором стабилитрона VD8 установить напряжение +5 В±0,1 В. Подбирая резисторы R34, R31 и конденсатор C25, следует добиться неизменности выходных напряжений при изменении напряжения питания от 3 до 5 В. Потребляемый от источника питания ток при напряжении батареи 4,5 В должен быть около 40 мА, ток холостого хода (при отключенном резисторе нагрузки) — не более 5 мА.

Далее следует собрать источник образцового напряжения, АЦП и установить индикаторы, начиная с HG1. Подключив к выводу 38 микросхемы частотомер (через резистор сопротивлением не менее 20 кОм), подбирают резистор R27 с таким сопротивлением, чтобы частота

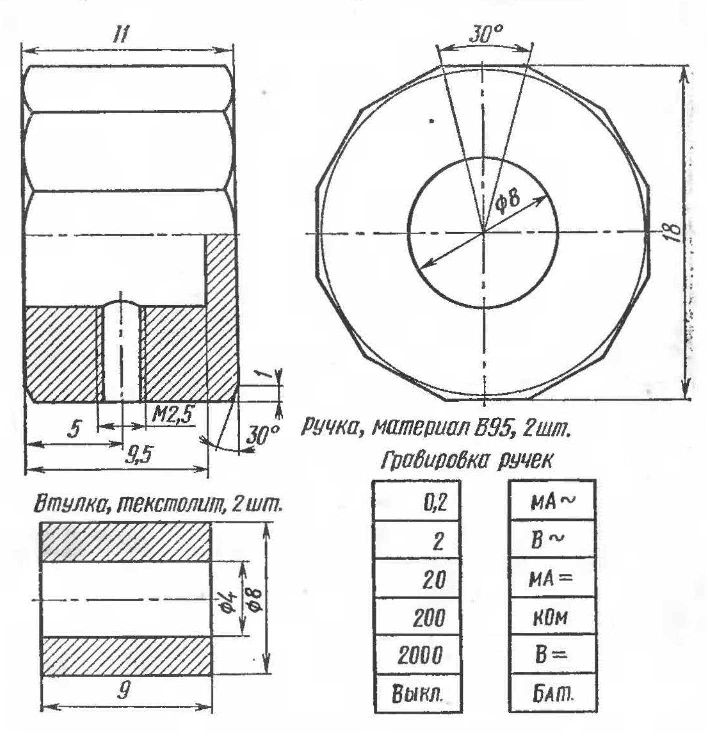


Рис. 12. Ручка-барабан и текстолитовая втулка

генератора составила 50 кГц±1 %. Для удобства подбора на печатной плате предусмотрено место для двух последовательно включаемых резисторов.

Подав на вход АЦП напряжение с резистора R26, проверяют его работоспособность. Подстроечным резистором R24 устанавливают на резисторе R26 напряжение примерно 100 мВ (контролируют вольтметром).

Далее, собрав преобразователь переменного напряжения в постоянное, надо подключить его выходы ко входам АЦП с соблюдением полярности. Выход «ОС» преобразователя следует соединить с инвертирующим

входом усилителя DA1, неинвертирующий вход DA1 — с общим проводом и установить возможно более точно нуль на выходе DA1 (грубо — подстроечным резистором R14, точно — резистором R13).

Затем, подав на неинвертирующий вход DA1 напряжение амплитудой 150...180 мВ и частотой 1000 Гц, резистором R20 устанавливают такое же показание на индикаторах мультиметра. Уменьшая входное напряжение в 10 и 100 раз, следует проверить линейность преобразователя.

Такова методика предварительной настройки.

После этого устанавливают на плату шунты, добавочные резисторы, переключатели и собирают остальные цепи. При монтаже секций переключателей их следует распределить так: в качестве SA1.1 и SA1.2 использовать секцию, максимально удаленную от уголка, в качестве SA1.4 и SA1.5 — ближайшую к уголку, SA1.6 и SA1.7 — вторую от уголка, SA2.5 и SA2.6 — ближайшую к уголку. Выводы переключателей SA2.3 и SA2.4 должны подключаться к резисторам R9 — R11 каждый своим проводником, что исключает погрешность из-за сопротивлений соединительных проводников. Соединять выводы переключателей с платой нужно проводниками МГТФ-0,07 минимальной длины, позволяющей откидывать уголок с переключателями вниз по рис. 7. При дальнейших регулировках уголок должен быть закреплен на печатной плате.

Окончательно мультиметр настраивают так. Между входами мультиметра включают эталонный резистор сопротивлением (оно должно быть заранее измерено с точностью не хуже 0,1 %) 15...19 кОм или 150...190 кОм. Установив соответствующий предел измерения, при котором индицируются четыре знака, следует проверить погрешность омметра. Если она превышает 0,1 %, необходимо рассчитать резистор, который необходимо подключить параллельно резистору R25 или R26. Предположим, что показания омметра занижены на 0,5 %. В этом случае сопротивление резистора R26 необходимо также уменьшить на 0,5 %, для чего параллельно ему нужно включить резистор сопротивлением R26·100/0,5= =24 кОм. Если показания омметра завышены, аналогично рассчитанный резистор следует подключить параллельно резистору R25. Добавочный резистор под-

паивают к плате на стороне, противоположной установке микросхемы.

Проверив работу омметра на других диапазонах (на диапазоне 199,9 Ом показания могут быть завышены на 0,2...0,3 Ом за счет сопротивления соединительных проводников), мультиметр переключают в режим вольтметра. Подав на его вход напряжение около 1,9 или 19 В, контролируемое эталонным вольтметром, и установив соответствующий предел измерения, добиваются подстроечным резистором R24 одинаковых показаний обоих вольтметров. Работу вольтметра следует проверить и на других диапазонах.

Установив мультиметр в режим измерения переменных напряжений, аналогично калибруют его резистором R20 на частоте 50 Гц.

Далее, установив плату в корпус и прикрепив экраны, нужно подстроить конденсаторы C3 и C6 (возможно, придется подобрать и конденсаторы C2, C5). Для этого вначале подают на вход напряжение амплитудой около 190 мВ и частотой 5 кГц. На пределе измерения 0,199 В запоминают показания. Переключив вольтметр на следующий предел, увличивают входное напряжение в 10 раз и подстроечным конденсатором C3 устанавливают такие же показания. Далее нужно переключить вольтметр на предел 19,99 В, увеличить входное напряжение еще в 10 раз и конденсатором C6 откалибровать вольтметр. Операции по подстройке конденсаторов C3 и C6 следует повторить несколько раз, поскольку они влияют друг на друга.

В режиме измерения токов мультиметр калибровки не требует.

Литература

Федорков Б. Г., Телец В. А., Дегтяренко В. П. Микроэлектронные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи.— М.: Радио и связь, 1984.



ПРИСТАВКА-АВТОМАТ К ЗАРЯДНОМУ УСТРОЙСТВУ

А. Коробков

Коробков Александр Васильевич — ведущий специалист одного из московских предприятий, родился в 1936 году. Радиолюбительством занялся в школе, где восьмиклассником собрал детекторный приемник. Через два года осилил супергетеродин. В 60-е годы разработал и собрал транзисторный магнитофон. К этому же периоду относятся первые публикации в журнале «Радио». Немного позже стал публиковаться и в сборнике ВРЛ. Основная тематика публикаций в последнее десятилетие — автомобильная электроника.

Дополнив имеющееся в вашем распоряжении зарядное устройство для автомобильной аккумуляторной батареи предлагаемым автоматом, можете быть спокойны за режим зарядки батареи — как только напряжение на ее выводах достигнет (14,5±0,2) В, зарядка прекратится. При снижении напряжения до 12,8...13 В зарядка возобновится.

Приставка может быть выполнена в виде отдельного блока либо встроена в зарядное устройство. В любом случае необходимым условием для ее работы будет наличие пульсирующего напряжения на выходе зарядного устройства. Такое напряжение получается, скажем, при установке в устройстве двухполупериодного выпрямителя без сглаживающего конденсатора.

Схема приставки-автомата приведена на рис. 1. Она состоит из тринистора VS1, узла управления тринистором A1, выключателя автомата SA1 и двух цепей индикации — на светодиодах HL1 и HL2. Первая цепь индицирует режим зарядки, вторая — контролирует надежность подключения аккумуляторной батареи к зажимам приставки-автомата. Если в зарядном устройстве есть стрелочный индикатор — амперметр, первая цепь индикации не обязательна.

Узел управления содержит триггер на транзисторах VT2, VT3 и усилитель тока на транзисторе VT1. База транзистора VT3 подключена к движку подстроечного резистора R9, которым устанавливают порог переключения триггера, т. е. напряжение включения зарядного тока. «Гистерезис» переключения (разность между верхним и нижним порогами переключения) зависит в

основном от резистора R7 и при указанном на схеме сопротивлении его составляет около 1,5 В.

Триггер подключен к проводникам, соединенным с выводами аккумуляторной батареи, и переключается в зависимости от напряжения на них.

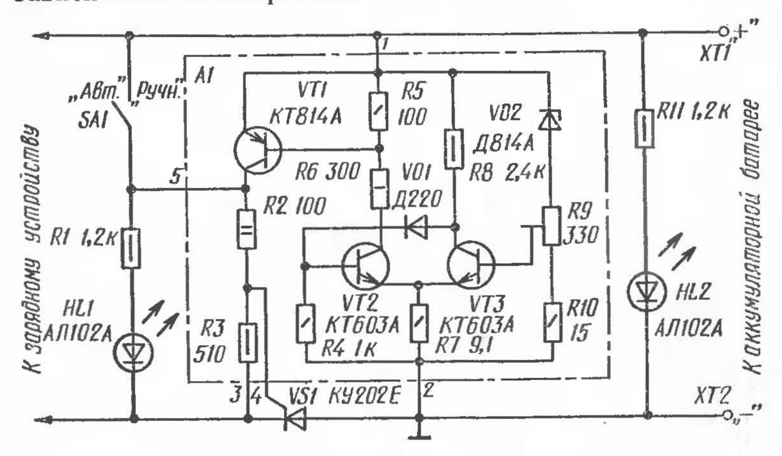


Рис. 1. Принципиальная схема приставки-автомата

Транзистор VT1 подключен базовой цепью к триггеру и работает в режиме электронного ключа. Коллекторная же цепь транзистора соединена через резисторы R2, R3 и участок управляющий электрод — катод тринистора с минусовым выводом зарядного устройства. Таким образом, базовая и коллекторная цепи транзистора VT1 питаются от разных источников: базовая — от аккумуляторной батареи, а коллекторная — от зарядного устройства.

Тринистор VS1 выполняет роль коммутирующего элемента. Использование его вместо контактов электромагнитного реле, которое иногда применяют в этих случаях, обеспечивает большое число включений — выключений зарядного тока, необходимых для подзарядки аккумуляторной батареи во время длительного хранения.

Как видно из схемы, тринистор подключен катодом к минусовому проводу зарядного устройства, а анодом — к минусовому выводу аккумуляторной батареи. При таком варианте упрощается управление тринистором: при возрастании мгновенного значения пульсирующего напряжения на выходе зарядного устройства через

управляющий электрод тринистора сразу начинает протекать ток (если, конечно, открыт транзистор VT1). А когда на аноде тринистора появится положительное (относительно катода) напряжение, тринистор окажется надежно открытым. Кроме того, подобное включение выгодно тем, что тринистор можно крепить непосредственно к металлическому корпусу приставки-автомата или корпусу зарядного устройства (в случае размещения приставки внутри его) как к теплоотводу.

Выключателем SA1 можно отключить приставку, поставив его в положение «Ручн.». Тогда контакты выключателя будут замкнуты, и через резистор R2 управляющий электрод тринистора окажется подключенным непосредственно к выводам зарядного устройства. Такой режим нужен, например, для быстрой зарядки аккумулятора перед установкой его на автомобиль.

Транзистор VT1 может быть указанной на схеме серии с буквенными индексами А — Г; VT2 и VT3 — КТ603А — КТ603Г; диод VD1 — любой из серий Д219, Д220 либо другой кремниевый; стабилитрон VD2 — Д814А, Д814Б, Д808, Д809; тринистор — серии КУ202 с буквенными индексами Г, Е, И, Л, Н, а также Д238Г, Д238Е; светодиоды — любые из серий АЛ102, АЛ307 (ограничительными резисторами R1 и R11 устанавливают нужный прямой ток используемых светодиодов).

Постоянные резисторы — МЛТ-2 (R2), МЛТ-1 (R6), МЛТ-0,5 (R1, R3, R8, R11), МЛТ-0,25 (остальные). Подстроечный резистор R9 — СП5-16Б, но подойдет другой, сопротивлением 330 Ом...1,5 кОм. Если сопротивление резистора больше указанного на схеме, параллельно его выводам подключают постоянный резистор такого сопротивления, чтобы общее сопротивление составило 330 Ом.

Детали узла управления монтируют на плате (рис. 2) из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Подстроечный резистор укрепляют в отверстии диаметром 5,2 мм так, чтобы его ось выступала со стороны печати.

Плату укрепляют внутри корпуса подходящих габаритов либо, как было сказано выше, внутри корпуса зарядного устройства, но обязательно возможно дальше от нагревающихся деталей (выпрямительных диодов, трансформатора, тринистора). В любом случае напротив оси подстроечного резистора в стенке корпуса свер-

лят отверстие. На лицевой стенке корпуса укрепляют светодиоды и выключатель SA1.

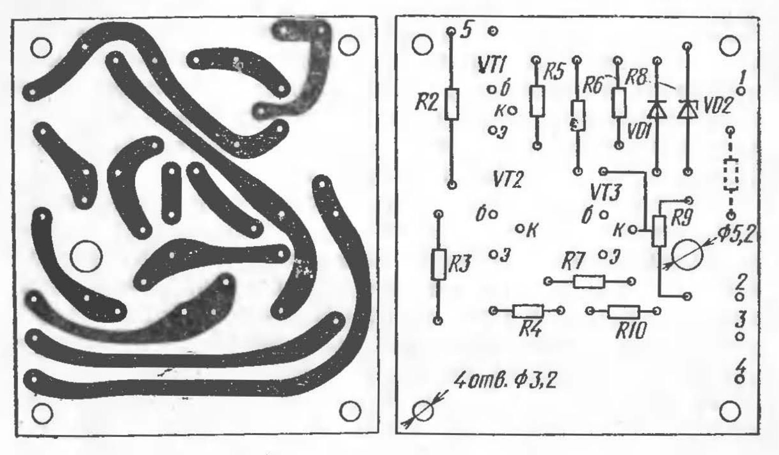


Рис. 2. Печатная плата приставки-автомата

Для установки тринистора можно изготовить теплоотвод общей площадью около 200 см². Подойдет, например, пластина дюралюминия толщиной 3 мм и размерами 100×100 мм. Теплоотвод прикрепляют к одной из стенок корпуса (скажем, задней) на расстоянии около 10 мм — для обеспечения конвекции воздуха. Допустимо прикрепить теплоотвод и к наружной стороне стенки, вырезав в корпусе отверстие под тринистор.

Перед креплением узла управления его нужно проверить и определить положение движка подстроечного резистора. К точкам 1, 2 платы подключают выпрямитель постоянного тока с регулируемым выходным напряжением до 15 В, а цепь индикации (резистор R1 и светодиод HL1) — к точкам 2 и 5. Движок подстроечного резистора устанавливают в нижнее по схеме положение и подают на узел управления напряжение около 13 В. Светодиод должен гореть. Перемещением движка подстроечного резистора вверх по схеме добиваются погасания светодиода. Плавно увеличивая напряжение питания узла управления до 15 В и уменьшая до 12 В, добиваются подстроечным резистором, чтобы светодиод зажигался при напряжении 12,8...13 В и погасал при 14,2...14,7 В.

СОДЕРЖАНИЕ